# Die vulkanischen Tuffe des Ries bei Nördlingen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

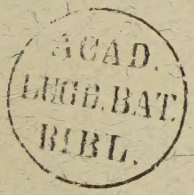
einer

hohen naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen

vorgelegt von

RICHARD OBERDORFER
aus Ludwigsburg.

Sonder-Abdruck aus den Jahresheften des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, Jahrgang 1905.




STUTTGART.
Druck von Carl Grüninger, K. Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg (Klett & Hartmann).
1904.

Von der Fakultät angenommen
am 16. Mai 1904.

# Die vulkanischen Tuffe des Ries bei Nördlingen.

Von **Rich. Oberdorfer** aus Ludwigsburg.

Mit Tafel I.

## Allgemeiner geologischer Überblick.

Der Tafel-Jura der schwäbischen Alb ist während der Tertiärzeit an drei verschiedenen Stellen von vulkanischen Eruptionen durchbrochen worden.

Im ersten Gebiet, im Hegau, wurden gewaltige Massen von Basalt und Phonolith zutage gefördert, verbunden mit beträchtlicher Tuffbildung. Im zweiten Gebiet, in der Gegend von Urach, wurde die Alb von über 125 vulkanischen Röhren durchstoßen, deren richtige Deutung und eingehende Beschreibung wir Branco verdanken[1]. In diesem Gebiete handelt es sich ausschließlich um basische Gesteinsmassen. Während jedoch hier der anstehende Schmelzfluß mehr zurücktritt, sind diese Röhren vorwiegend mit Tuffen, bestehend aus zertrümmerten Juragesteinen und zerblasenem Magma, ausgefüllt. Der Basalt ist meist in den Kanälen stecken geblieben und zuweilen durch Erosion erst jetzt aufgeschlossen worden.

Im dritten Gebiet endlich, im Ries, ist nirgends mehr anstehender Schmelzfluß zu beobachten (über abweichende Angaben hierüber vergl. S. 37); die vulkanische Tätigkeit hat sich lediglich geäußert in der Produktion von Tuffen.

Ein weiterer tiefgehender Unterschied zwischen dem Ries und den beiden anderen Vulkangebieten besteht darin, daß hier keine so basischen Gesteine wie im Hegau und bei Urach, sondern anscheinend stark saure Gesteine an die Oberfläche befördert wurden, aber nur in Form von Auswürflingen.

[1] Branco, Schwabens 125 Vulkanembryonen usw. Diese Jahresh. 50. Jg., Stuttgart 1894.

Koken, E., Beiträge zur Kenntnis des schwäbischen Diluviums. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XIV. 1901. S. 120.

— — Die Schliffflächen und das geologische Problem im Ries. N. Jahrb. f. Min. etc. 1901. II. Bd. S. 67.

Branco, W. u. Fraas, E., Das vulkanische Ries bei Nördlingen in seiner Bedeutung für Fragen der allgemeinen Geologie. Abh. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. 1901.

— — Beweis für die Richtigkeit unserer Erklärung des vulkanischen Rieses bei Nördlingen. Sitzungsber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. XXII. 1901. S. 501.

Koken, E., Eine Nachschrift zu dem Aufsatz „Die Schliffflächen und das geologische Problem im Ries". N. Jahrb. f. Min. etc. 1901. II. Bd. S. 128.

Sauer, A., Petrographische Studien an den Lavabomben aus dem Ries. Diese Jahresh. Bd. 57. 1901. S. LXXXVIII.

Knebel, W. v., Beiträge zur Kenntnis der Überschiebungen am vulkanischen Ries bei Nördlingen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 54. Bd. 1902. S. 56.

Koken, E., Geologische Studien im fränkischen Ries. II. Folge. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XV. 1902. S. 422.

Branco, W., Das vulkanische Vor-Ries und seine Beziehungen zum vulkanischen Riese bei Nördlingen. Abh. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. 1902; Berlin 1903.

Knebel, W. v., Weitere geologische Beobachtungen am vulkanischen Ries bei Nördlingen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. 55. 1903. S. 23.

Endriss, K., Geologische Untersuchung des vulkanischen Tuffvorkommens in der oberen Heid bei Osterhofen auf dem Härtsfeld. Oberrh. Geologenver. 1903.

Knebel, W. v., Studien über die vulkanischen Phänomene im Nördlinger Ries. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. 55. 1903. S. 236.

In vorliegender Arbeit wurde versucht, durch eine systematische chemische und petrographische Untersuchung der vulkanischen Tuffe etwas beizutragen zur weiteren Erkenntnis der interessanten Erscheinungen im Ries. Die erste Anregung zu dieser Arbeit erhielt der Verfasser durch eine Preisaufgabe, die von der Kgl. Technischen Hochschule zu Stuttgart ausgeschrieben wurde. Auf wiederholten Exkursionen wurde von ca. 25 der wichtigsten Tuffvorkommnisse Material gesammelt, von dem etwa 120 Dünnschliffe angefertigt wurden. Außerdem wurden von den besonderen Typen chemische Analysen ausgeführt. Denn nur durch eine kombinierte petrographische und chemische Untersuchung erschien es möglich, einen Einblick in diese äußerst komplizierten Erscheinungen zu gewinnen.

Ich möchte an dieser Stelle nicht versäumen, Herrn Professor Sauer meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die vielfache Unterstützung, die mir von seiner Seite zuteil geworden ist; ebenso möchte ich Herrn Dr. Meigen in Freiburg bestens danken für manchen Wink, den ich bei meinen Analysen von ihm erhalten habe. Außerdem wurde mir vom Konservator des Kgl. Naturalienkabinetts, Herrn

Professor Dr. E. Fraas, in liebenswürdiger Weise die Sammlung der Riesgesteine zur Verfügung gestellt, wofür ich auch an dieser Stelle aufrichtigen Dank sage.

## I. Tuffe im allgemeinen.

### A. Petrographische Beschaffenheit.

Nirgends im Ries sind zusammenhängende Lavamassen zu finden; die vulkanische Tätigkeit hat sich lediglich geäußert in der Bildung von Tuffen. Zwar hält v. Knebel[1] das Gestein von Ammerbach bei Wemding für anstehenden Schmelzfluß; doch erscheint es noch zweifelhaft, dieses mit Sicherheit anzunehmen. v. Gümbel[2] erwähnt dasselbe Gestein und betont, „daß es sich durch das massenhafte Vorkommen von Bomben auszeichnet, wodurch man leicht zu der Annahme geführt werden könne, als hätten wir hier zerbrochene Schollen eines Lavastromes vor uns.“ Meine Beobachtungen haben diese Auffassung bestätigen können (vergl. S. 37).

Äußerlich sind die Tuffe sehr verschieden; meist sind sie zu einer festen Masse verkittet, so daß das Material sich als guter Baustein erweist, wie an der Kirche von Nördlingen zu sehen ist, die vom Tuff der Altenbürg gebaut wurde.

Sie setzen sich zusammen:

1. aus glasigen Auswurfsmassen,
2. aus Bruchstücken kristalliner Gesteine,
3. aus Bruchstücken von Sedimentgesteinen.

#### 1. Glasige Auswurfsmassen.

Diese finden sich in Form von Schlacken, Bomben oder Fladen und variieren in beträchtlichen Dimensionen von über Kopfgröße bis herab zu den winzigsten Lapillis und Glassplittern. Ihr äußerer Habitus ist sehr verschieden. Bei Zipplingen finden sich schwarze glänzende Glasbomben, porös, von beinahe bimssteinartigem Habitus; an der Ringlesmühle haben sie eine licht grauviolette Farbe; bei Utzmemmingen haben sie eine matt graublaue Farbe und sind ziemlich kompakt; bei Ammerbach und Pobsingen sind sogar rote und grüne Farben vorherrschend. Doch können diese Unterschiede nicht streng aufrecht erhalten werden, da an einem und

[1] v. Knebel, Weitere geologische Beobachtungen am vulkanischen Ries bei Nördlingen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. 55. Jahrg. 1903. S. 23—28.

[2] v. Gümbel, Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. Bd. 4. 1891. S. 234.

demselben Punkt glasige Auswurfsmassen von sehr verschiedenem äußeren Habitus auftreten. Die bezeichnendste Formentwickelung, beträchtlichste Größe und Häufigkeit weisen sie an der bekannten Lokalität am Heerhof auf, wo sie infolge der stark zersetzten Grundmasse lose umherliegen. Sie haben hier jene den vulkanischen Auswürflingen charakteristische strickartig gedrehte und gewundene Formen, wie sie z. B. auch häufig im Gebiete der Eifeler Maare anzutreffen sind. Dann nehmen sie auch die Form von Fladen an, die bisweilen eine platte Fläche aufweisen, und mit dieser den Vorgang des Aufschlagens in noch plastischem Zustande verkörpern. Überall beobachtet man daran Risse und Sprünge als die Folgen schneller Abkühlung und Erstarrung. Ähnlich gestaltete Projektile sind jedoch auch an anderen Punkten zu finden, z. B. am benachbarten Goldberg; doch sind sie hier meist noch in der Grundmasse eingebacken. Am häufigsten kommen die glasigen Auswurfsmassen jedoch als Lapillis und rundliche Bomben vor, oder auch als ganz unregelmäßig geformte Glasfetzen mit den anderen Bestandteilen des Tuffes zusammengebacken.

### 2. Kristalline Gesteine.

Außer den glasigen Massen beteiligen sich an der Zusammensetzung der Tuffe auch kristalline Gesteine, die bei der Eruption mit emporgerissen wurden. Vorherrschend sind helle, ziemlich saure Granite, fast ebenso häufig sind Gneise, doch sind auch Amphibolgesteine keineswegs selten. Sie liefern das fremde Material für die Tuffe und gehören denselben kristallinen Gesteinen an, wie sie auch anstehend im Ries in größeren Massen zu finden sind. Ich will mich darauf beschränken, das hier anzuführen, was Gümbel[1] darüber schreibt.

Als Granite kommen hauptsächlich zwei Arten vor: 1. Ein rötlicher grobkörniger Granit, wesentlich bestehend aus hellrotem Orthoklas, trübem, weißlichem Plagioklas, braunem, deutlich lithionhaltigem Glimmer und Quarzkörnern. Er gehört mithin zu den sogen. Lithionitgraniten. 2. Ein feinkörniger Granit von weißlicher oder rötlicher Farbe, bestehend aus gleichfalls zweierlei Feldspaten, Quarz und kleinen Blättchen von braunem Eisen-Magnesiaglimmer.

---

[1] v. Gümbel, Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. Bd. 4. 1891. S. 206.

Die Hauptgemengteile der Ries-Gneise sind hellroter Orthoklas und weißlicher, meist stark zersetzter Plagioklas (Oligoklas). Der Glimmer gehört vorwiegend dem dunkelbraunen oder grünlichbraunen Eisen-Magnesiaglimmer an. Als akzessorische Beimengungen findet man fast konstant Zirkon in mikroskopischen Kriställchen und Körnchen, ferner Apatit, Magneteisen, seltener Granat und Schüppchen von Graphit. Bei Zipplingen kommt ein Gestein vor, welches wesentlich aus Granat, Sillimanit, braunem Glimmer und einer grünen pinitähnlichen Masse zusammengesetzt ist.

Die Hornblendegesteine sind von sehr gleichartiger Beschaffenheit. Es sind vorwaltend feinkörnige, echte Diorite, welche der Hauptsache nach aus grüner oder grünbrauner, stark pleochroitischer Hornblende und triklinem Feldspat bestehen und zudem noch häufig Apatit, Magneteisen, seltener grünen Spinell (Pleonast) und Titanit enthalten. Zuweilen wird auch ein heller Augit in ziemlich reichlicher Menge angetroffen. An diese Diorite schließt sich eine Reihe von Übergangsformen zu Hornblendegneis an.

Auch mögen hier noch einige der von Gümbel mitgeteilten Analysen dieser Gesteine, die von Röthe ausgeführt wurden, Platz finden, deren Zusammensetzung äußerst wichtig ist für die Deutung der später (S. 31) zu behandelnden Anschmelzungserscheinungen:

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . | 74,077 | 70,793 | 62,313 |
| $Al_2O_3$ . . . . | 15,489 | 15,677 | 17,567 |
| $Fe_2O_3$ . . . . | 1,994 | 2,692 | 4,086 |
| $MgO$ . . . . | 0,648 | 3,783 | 5,333 |
| $K_2O$ . . . . | 4,576 | 1,865 | 3,915 |
| $Na_2O$ . . . . | 3,216 | 2,311 | 5,660 |
| $H_2O$ . . . . | — | 2,879 | 1,126 |
| | 100,000 | 100,000 | 100,000 |

I. Rötlicher Granit von Lierheim.

II. Grauer granitähnlicher Gneis von der Marienhöhe bei Nördlingen.

III. Hornblendegestein vom Allbuch.

Diese in den Tuffen vorkommenden Fremdgesteine haben teils noch ein frisches Aussehen, teils sind sie aber infolge der erlittenen Hitzeeinwirkung stark verändert worden. Sie zeigen Frittungserscheinungen; manche sind sogar völlig geschmolzen und verschlackt, wobei eine blasige Auftreibung erfolgte, so daß es dann fast unmöglich ist, ihre ursprüngliche Beschaffenheit und Zugehörigkeit festzustellen.

### 3. Sedimentgesteine.

Auch von der über den kristallinen Gesteinen liegenden Sedimentdecke finden sich zahlreiche Bruchstücke. Nicht selten sind rote Keupermergel und Keupersandsteine, besonders bei Zipplingen, auch Braun Jura $\alpha$ und $\beta$ treten dort auf; doch fehlen hier merkwürdigerweise Stücke von Lias und Weiß Jura. Diese sind dagegen an andern Orten anzutreffen, z. B. an der Ringlesmühle, bei Schmähingen, Hohlheim. Zahlreiche größere Weiß Jura-Einschlüsse sind in dem Bruch an der Altenbürg, wo besonders einige größere vergrieste Blöcke in die Augen fallen. Diese sind infolge der vulkanischen Hitze grau gebrannt. Auch im Vorries sind Weiß Jura-Stücke im Tuff eingebacken; doch verhältnismäßig selten, obwohl diese Tuffe hier vielfach direkt im Weißen Jura aufsetzen, sie sind zuweilen grau gebrannt oder bei weißer Färbung vollkommen marmorisiert.

Aus Bruchstücken aller dieser Gesteinsarten, aus vulkanischem Material, aus kristallinen Gesteinen und Sedimentgesteinen, die wirr durcheinanderliegen, bauen sich also die Tuffe auf, indem bald die einen, bald die andern Bestandteile mehr oder weniger vorherrschen. Wie die glasigen Massen, so variieren auch die Brocken der fremden Einschlüsse in ihrer Größe, die von Kopfgröße bis zu mikroskopisch kleinen Splittern herabsinken. Die letzteren bestehen dann wesentlich aus den ihres Verbandes beraubten Gemengteilen kristalliner Gesteine. Die Gesamtheit des feinen Anteils des Tuffes bildet eine Art Grundmasse für die großen Brocken und besteht demnach aus winzigen Glas-, Quarz-, Feldspat-, Biotit-, Hornblende- und Kalkfragmenten, in der die größeren Gesteinsstücke eingebettet liegen.

Im Vorries, in den großen Tuffgebieten von Mauren, Amerdingen, Aufhausen wird der Tuff ziemlich homogen; die einzelnen Bestandteile weisen dort keine bedeutenden Größendifferenzen auf; die Einsprenglinge sind meist nußgroß; diese Gleichmäßigkeit bedingt auch, daß sie überall mit Vorteil als Bausteine Verwendung finden können.

An andern Punkten, z. B. am Kreuthof, ist das feine Material vorherrschend, in dem sich nur wenig größere Brocken finden.

Ihre Verkittung zu einer mehr oder weniger festen kompakten Masse verdanken die Tuffe nachträglichen chemischen Zersetzungen, bei welchen reichlich $CaCO_3$ in Form von Kalkspat ausgeschieden wurde. Bisweilen sind auch die blasigen Hohlräume der glasigen Bomben mit Kalkspat ausgefüllt, wie z. B. an der Ringlesmühle,

an der Altenbürg, bei Bollstadt, wodurch das Gestein eine Art Mandelsteinstruktur bekommt.

### Die Grundmasse der Tuffe.

Was die Grundmasse der Tuffe anbelangt, so ist dieselbe meist verwittert. Am verhältnismäßig frischesten ist sie bei Zipplingen. Makroskopisch betrachtet ist zu bemerken, daß sie sich als eine glasige Masse von bouteillengrüner Farbe dem unbewaffneten Auge darbietet. Unter dem Mikroskop ist es scheinbar eine kontinuierliche gelbgrüne isotrope Glasmasse, in der winzige fremde Splitter von Quarz und Feldspat liegen. Aber in Wirklichkeit ist sie kein zusammenhängender Glasfluß, sondern ein Mikroagglomerat, eine Anhäufung von kleinen Kügelchen, die einem teils braunen, ziemlich basischen, teils farblosen, also sauren, meist jedoch gelblichgrünen Glas angehören. Die gefärbten Kügelchen zeigen häufig einen schmalen, farblosen Saum, der, mit Rücksicht auf den ganzen Verband, wohl als Erstarrungszone zu deuten ist. Den Kern bildet vielfach ein Quarz- oder Feldspatfragment (s. Taf. I Fig. 1). Die ganze Erscheinungsweise erinnert an winzigste Lapillis mit fremden Einschlüssen, wie sie sich makroskopisch in der Eifel, z. B. am Dauner Maar finden, wo der Kern der Lapillis ein Splitter devonischen Sandsteines ist, der von Magma umflossen ist. Die Umgrenzung der einzelnen Mikro-Lapillis gegeneinander ist meist verwischt durch nachfolgenden Druck und Zersetzungen, welch letztere auch durch die grünen Farbentöne angedeutet werden. Außerdem beteiligen sich an der Zusammensetzung dieser Tuffgrundmasse lose Quarz-, Feldspat-, Biotit- und Hornblendefragmente; Quarz und Feldspat (vorwiegend Orthoklas) teils als eckige Splitter, teils als gerundete Körner und anscheinend angeschmolzen; der Orthoklas ist außerdem meist getrübt. Biotit und Hornblende sind mehr oder weniger zersetzt.

Ähnlich ist die Grundmasse des Tuffes von der Ringlesmühle, nur daß Hornblende und Biotit mehr hervortreten und auch Plagioklase häufiger werden.

Einen anderen Typus bietet die Grundmasse des Tuffes von Hohlheim. Dort treten die glasigen Bestandteile zurück. Sie sind auch selten in Form von runden Lapillis vorhanden, sondern meist als unregelmäßige begrenzte hellbraune Glasfetzen. Weitere Bestandteile sind Fragmente von kristallinen Gesteinen, aber auch nicht wesentlich vorherrschend. Der Tuff hat hier offenbar ursprüng-

lich eine sehr lockere Beschaffenheit gehabt; jetzt ist er sehr kompakt, er verdankt dies dem Umstande, daß die losen vulkanischen Mikro-Projektile ebenso wie die Quarz- und Feldspatfragmente durch Kalkspat so reichlich verkittet wurden, daß dieses nunmehr den größten Teil der Grundmasse ausmacht. Er bildet eine Art reichlichster Inkrustation über den Glas-, Quarz- und Feldspatkörnern mit schalig-nierenförmigem Aufbau und einer ausgezeichnet mikroskopischen Bänderung durch Einschaltung verschieden gefärbter, eisenfreier bis eisenreicher Zonen. In kleinen Hohlräumen treten außerdem zierliche Kalkspatkriställchen auf. Auch oolithische Bildungen kommen zustande, wobei den Kern der Oolithe nicht selten ein kleiner Quarzsplitter bildet. Zwischen den einzelnen Kalkspatnieren und Oolithen zieht sich eine farblose Substanz hindurch von faserigen und blättchenartigen Aggregaten mit ganz schwacher Doppelbrechung und optisch negativem Charakter, vielleicht einem zeolithischen Minerale angehörig.

Ähnlich ist der Tuff von der Altenbürg, nur daß die glasigen Bestandteile mehr hervortreten und die verbindende Kalkspatsubstanz nicht durch eisenhaltige Substanzen gefärbt ist.

Im Vorries, bei Mauren, Amerdingen, besteht der feinkörnige Anteil ebenfalls aus Lapillis, tiefbraun, mit zahlreichen Einschlüssen von Quarz und Feldspat. Doch ist das glasige Material meist zersetzt; es ist erdig, undurchsichtig geworden; um so schärfer heben sich aus dieser Masse die farblosen Quarze und Feldspäte ab (s. Taf. I Fig. 4).

Die Grundmassen der andern Tuffe reihen sich an die oben beschriebenen an, und gehen ineinander über, indem bald mehr glasiges, bald mehr kristallines Material vorherrscht, oder indem bald mehr kalkiges, bald mehr zeolithisches Bindemittel vorhanden ist.

Um festzustellen, ob in den Tuffen vielleicht irgendwelche seltene schwere Gemengteile enthalten sind, wurde eine Reihe verwitterter Tuffe geschlämmt und mit Thoulet'scher Flüssigkeit getrennt. Der Schwerrückstand enthielt bei Zipplingen grüne Hornblende und massenhaft Körner von Granat. Es ist kein Zweifel, daß diese Mineralien von den im Tuff eingebackenen kristallinen Gesteinen herrühren; denn gerade bei Zipplingen sind granathaltige Gesteine sehr häufig. Beim Heerhof kommen außer Hornblende noch opake Körnchen von Magnetkies vor; bei der Ringlesmühle kommen außerdem noch kleine Zirkonkristalle vor; ferner noch einige Körner eines rotbraunen glänzenden Minerals mit der Kristallform einer

tetragonalen Pyramide, mit hoher Licht- und Doppelbrechung. Sie scheinen dem Anatas anzugehören. Die Schlämmrückstände von andern Lokalitäten lieferten keine neuen Mineralien.

## B. Chemische Zusammensetzung der Tuffe.

Was die chemische Zusammensetzug der Tuffe betrifft, so liegt es in der Natur dieser Gesteine als klastischer Anhäufungen begründet, daß sie stofflich sehr wechselnd zusammengesetzt sein müssen, je nachdem mehr glasige Massen oder kristalline Gesteine und sonstiges fremde Material sich an der Zusammensetzung beteiligen. Doch erschien es immerhin von Interesse, ganz besonders mit Rücksicht auf die praktische Verwendung der Tuffe, die sich in hydraulischer Hinsicht wie der Traß des Brohltales zu verhalten scheinen, ihre durchschnittliche chemische Zusammensetzung kennen zu lernen. Es wurden deshalb auch Materialien von äußerlich ziemlich gleichartiger Beschaffenheit ausgewählt.

Von zwei Punkten, von Zipplingen I und von Ammerbach II, sind vom Verfasser Bauschanalysen ausgeführt worden; von einem dritten Punkt, von Osterhofen im Vorries III, wurde von der Zentralstelle für Gewerbe und Handel in Stuttgart eine Analyse gemacht, die mir von Herrn Prof. Endriss[1] gütigst zur Verfügung gestellt wurde. Außerdem verdanke ich dessen Freundlichkeit die Mitteilung einer Reihe guter Aufschlüsse in den Tuffgebieten von Hofen und Osterhofen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aussprechen möchte.

Die drei Analysen ergaben folgende Resultate:

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . | 56,85 | 58,50 | 62,59 |
| $TiO_2$ . . . . | 0,74 | 0,78 | — |
| $Al_2O_3$ . . . . | 8,96 | 15,05 | 15,15 |
| $Fe_2O_3$ . . . . | 5,89 | 5,46 | 6,21 |
| $CaO$ . . . . | 8,53 | 6,12 | 3,50 |
| $MgO$ . . . . | 2,25 | 1,58 | 3,29 |
| $P_2O_5$ . . . . | Spur | 0,50 | — |
| $K_2O$ . . . . | 3,75 | 4,94 | 4,21 |
| $Na_2O$ . . . . | 4,54 | 2,49 | |
| $CO_2$ . . . . | 1,37 | 0,80 | 0,68 |
| $H_2O$ . . . . | 7,71 | 4,37 | 3,69 |
| | 100,59 | 100,59 | 99,32 |

[1] Jetzt veröffentlicht im Jahresbericht des Oberrh. Geologenvereins. Jahrg. 1903. S. 23.

Vom Tuff Zipplingen I wurde zur Analyse ein Stück gewählt, das eine möglichst gleichmäßige Verteilung von Grundmasse, glasiger Auswurfsmasse und kristallinen Gesteinen aufwies. Von einem doppelfaustgroßen Stück wurde eine Durchschnittsprobe genommen.

Die Analyse des Gesteins von Ammerbach II habe ich hierhergestellt, wobei aber bemerkt werden mag, daß noch ein Zweifel darüber besteht, ob man dies Vorkommen als anstehenden Schmelzfluß oder als Tuff anzusehen hat. Das zur Analyse verwandte Gesteinsstück zeigt ein ziemlich kompaktes Aussehen und im Mikroskop eine vorwiegend glasige Grundmasse, die von kleinen fremden Einschlüssen reichlich durchspickt ist.

Der Tuff von Osterhofen III zeigt ebenfalls ein sehr homogenes Äußere wie alle Tuffe des Vorrieses.

Eine Diskussion dieser Bauschanalysen hat in Anbetracht dessen, daß es sich, wie schon bemerkt, um ein mechanisches Gemenge handelt, keinen Zweck; nur sei darauf hingewiesen, daß hauptsächlich in bezug auf $SiO_2$, $CaO$ und $H_2O$ nicht unbeträchtliche Differenzen auftreten.

$H_2O$ wurde als Differenz von Glühverlust und $CO_2$ berechnet. Da aber hierbei das event. als $FeO$ enthaltene Eisen nicht in Betracht gezogen ist, so entsteht in der $H_2O$-Bestimmung ein Fehler, der in Analyse I, wenn alles Eisen in Form von $FeO$ enthalten wäre, 0,59 % betragen würde. Da aber auf Grund des mikroskopischen Befundes teilweise das Eisen schon als $Fe_2O_3$ nachweisbar ist, und außerdem auch Zersetzungen stattgefunden haben, so wird der Fehler nicht diesen Betrag erreichen. Ein Teil des Wassers ist Bestandteil des Glases (s. S. 26 ff.).

## II. Die Auswürflinge im Speziellen.

### 1. Ihre glasige Ausbildung.

Der wesentliche Bestandteil der Tuffe sind die in Form von Fladen, Bomben, Lapillis oder unregelmäßigen Brocken auftretenden glasigen Auswurfsmassen. Die Verschiedenheit des äußeren Habitus verschwindet im Dünnschliff mehr oder weniger. Man trifft meist farblose bis gelblichgrüne, bis tiefbraune Gläser, wobei alle Nuancen von gelb bis braun vorkommen. Die rein glasige Ausbildung ist bei weitem vorherrschend, und so soll auch zunächst diese etwas näher beschrieben werden. Die eigenartigen Entglasungserscheinungen aber, welche diese Gebilde im Ries zu ganz besonderen Vorkommnissen stempeln, sollen in einem besonderen Abschnitt behandelt werden (S. 15).

Die schwarzgrünen glänzenden Bomben von Zipplingen mit schaumiger Struktur, erweisen sich als ein nahezu farbloses, etwas ins Grünliche stechendes Glas. Es ist isotrop und zeigt zahlreiche perlitische Sprünge, in denen meist dunkle opake Partikelchen liegen. Ganz ähnliche Gläser zeigen Hohlheim, Schmähingen, Bollstadt, nur daß hier teilweise dunkle tiefbraune Schlieren sich zeigen. Sie sind ebenfalls isotrop und haben perlitische Absonderung. Hellbraune Farben zeigen die Bomben von Utzmemmingen und manche vom Heerhof; etwas dunkler braun die von der Ringlesmühle, vom Reitersbuck und von der Altenbürg, und tief dunkelbraune, beinahe undurchsichtige die Bomben von Mauren im Vorries. Überall, mit mit Ausnahme der Fladen vom Heerhof, sind Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse unregelmäßig, namentlich auch erstere reichlich und weit im Glase verbreitet; bei Zipplingen sind sie zu gruppenförmigen Anhäufungen angeordnet, wobei die lebhaft sich bewegenden Libellen der Flüssigkeitseinschlüsse besonders in die Augen fallen. Nach ihrem Verhalten beim Erwärmen liegt Wasser vor. Hiernach muß man schließen, daß bei den Eruptionen Wasserdampf eine große Rolle gespielt haben mag, vielleicht in noch größerem Maße wie bei den Vulkanen von Urach.

Da, wie wiederholt bemerkt wurde, beim Ausbruch zahlreiche Bruchstücke kristalliner Gesteine des Untergrundes zutage gefördert wurden, so ist von vornherein zu erwarten, daß auch die glasigen Projektile Bruchstücke dieser Gesteine eingeschlossen haben. Vielfach sind solche schon makroskopisch zu erkennen. Allein außer diesen mit dem bloßen Auge sichtbaren Einschlüssen findet sich unter dem Mikroskop noch außerordentlich viel mehr, und zwar sind diese winzigen Einschlüsse nicht mehr Brocken von Gesteinen, sondern Fragmente der aufs feinste zerkleinerten Gesteine, d. h. Fragmente der einzelnen Gemengteile dieser kristallinen Gesteine, die zu den allerwinzigsten Splitterchen zertrümmert sind und zwar vorwiegend Quarz und Feldspat. Sie treten so massenhaft auf, daß die glasige Masse ganz durchspickt ist davon, und es unmöglich ist, auch nur ein erbsengroßes Stück reinen Glases zu bekommen.

Diese Einschlüsse haben, allseitig von Glas umgeben, im Glase schwimmend naturgemäß tiefgehende Veränderungen erlitten, auf deren Verhalten wir noch zu sprechen kommen werden. Aber auch das Magma ist dadurch wesentlich verändert worden, indem es fremde Substanz in sich aufgenommen hat. Erst mit Würdigung dieser Tatsachen bekommt man ein richtiges Verständnis für die vulka-

nischen Riesgesteine, die Eigenart ihrer Zusammensetzung und Entstehung.

Es mögen in diesem Zusammenhang zunächst die verschiedenen Entwickelungsstadien des Glasgrundes unserer Auswürflinge besprochen werden. Bei Mauren sind die glasigen Bomben im Dünnschliff tief braun gefärbt; wir haben hier anscheinend ein ziemlich basisches und in seinen verschiedenen Teilen auch recht gleichartiges Magma vor uns. Von diesem wollen wir ausgehen. In diesem liegen zahllose Einschlüsse von Quarz und Feldspat. Unmittelbar um diese Einschlüsse herum ist das Glas hellbraun bis farblos, also eisenarm. Diese abweichende Zusammensetzung ist dem vorliegenden Verbandsverhältnis zufolge wohl darauf zurückzuführen, daß an diesen Stellen das Magma von der Quarz- und Feldspatsubstanz einen gewissen Anteil aufgenommen hat und daher heller gefärbt wurde. Zuweilen sieht man auch unvermittelt inmitten der braunen Glassubstanz licht gefärbte Stellen ohne Quarz und Feldspat. Die Einschlüsse sind hier entweder vollständig resorbiert, oder es ist im Schliff nur die helle Randzone derselben getroffen.

Hat das Magma dagegen anscheinend schon viel fremde Substanzen resorbiert, so werden die heller gefärbten Stellen größer und es kommt unter Mitwirkung der Bewegung des Magmas zu einer Schlierenbildung. Lichte und dunkel gefärbte, d. h. saure und basische Schlieren wechseln miteinander ab, wodurch eine ausgezeichnete Fluidalstruktur hervorgerufen wird. Diesem Stadium gehören an die Bomben von der Ringlesmühle, vom Reitersbuck, von der Altenbürg und manche von Hohlheim (s. Taf. I Fig. 2).

Die dunkel gefärbten basischen Schlieren legen sich wegen ihrer Leichtflüssigkeit um die fremden Einschlüsse herum und bewirken an Quarz und Feldspat weitere Einschmelzung, da basische Magmen sehr aufnahmefähig für saure Substanzen sich erweisen.

Am Goldberg macht sich eine eigentümliche Erscheinung bemerkbar. Zunächst sieht man auch hier, wie die basischen Schlieren Fremdeinschlüsse umgeben und die lichte Zone zeigen. An andern Stellen ist der gesamte Glasgrund in einen hellbraunen und einen farblosen differenziert, und zwar so, daß der braune Anteil sich zu ovalen oder schlauchartigen Gebilden zusammenballt.

Bei Hohlheim und Schmähingen werden die helleren Partien vorherrschend, die dunkleren Schlieren werden äußerst schmal, bis sie endlich bei Zipplingen fast ganz verschwinden. Dort ist das Glas ziemlich homogen, grünlichgelb bis nahezu farb-

los; enthält auch relativ weniger fremde Einschlüsse als alle übrigen, vielleicht deswegen, weil die meisten fremden Einschlüsse schon resorbiert sind. Nur hier und da sind noch spärliche dunkler gefärbte Flecken zu sehen, die die letzten Reste des ursprünglichen unvermischten Magmas darstellen.

Wenn man also im Zusammenhang mit dem oben Gesagten aus der Beschaffenheit des Zipplinger Glases den Schluss ziehen kann, daß dieses seine lichte Färbung der bereits vollendeten Resorption von Quarz- und Feldspateinschlüssen verdankt, so findet dieser Schluß seine entschiedene Bestätigung in der chemischen Zusammensetzung. Diese hat nämlich ergeben (s. S. 26), daß das Glas von Zipplingen ohne fremde Einschlüsse einen ebenso hohen $SiO_2$-Gehalt besitzt wie andere Glasmassen mit diesen.

Die erwähnten spärlichen, dunklen Flecken in dem lichtgefärbten Glase können jedoch auch auf andere Weise gedeutet werden. Da nämlich die eingeschmolzenen kristallinen Gesteine vorwiegend dem Granit angehören, und die Einsprenglinge in den glasigen Bomben meist nur Quarz und Feldspat sind, so muß man wohl annehmen, daß auch gewisse Mengen von Biotit eingeschmolzen sind; denn nie ist dieser als Einsprengling in den Bomben zu beobachten. Es ist also nicht ausgeschlossen, daß diese dunklen Flecken von Zipplingen und vielleicht auch einige von den dunklen Schlieren und Glaseinschlüssen von andern Punkten dadurch entstanden sind, daß an diesen Stellen Biotit eingeschmolzen ist.

### 2. Die Entglasungsprodukte.

Bis jetzt haben wir die Gläser nur an sich, ohne Rücksicht auf die Ausscheidungsprodukte, beschrieben. Solche besitzen aber eine weite Verbreitung, und bieten in bezug auf ihre morphologischen Verhältnisse so eigentümliche Abweichungen, wie sie meines Erachtens noch nicht bekannt geworden sind. Wir gehen am besten wieder vom Zipplinger Gestein aus. Dort sind die Bomben größtenteils als ein nahezu farbloses, isotropes Glas erstarrt, das fast vollkommene Strukturlosigkeit aufweist. In demselben finden sich vereinzelte Partien von etwas gelblicher Farbe, weniger lichtdurchlässig, isotrop und aus kleinsten Schüppchen und Körnchen bestehend, anscheinend ein Stadium beginnender kristalliner Individualisierung darstellend. Bei Hohlheim sind in den glasigen Partien radiale Anhäufungen von feinen Fasern, weniger lichtdurchlässig als

die völlig strukturlosen Massen und aber ebenfalls noch isotrop. Diese Bildungen, wie auch jene von Zipplingen, sind ihrer ganzen Erscheinungsform nach wahrscheinlich dem Mikrofelsit zuzurechnen. (Nach Rosenbusch, Physiographie, S. 666.)

Bei der Ringlesmühle zeigen die helleren glasigen Partien ebenfalls Anhäufungen von kleinsten Körnchen; nur läßt sich keine bestimmte Anordnung derselben herausfinden, doch zeigen sie schwache Doppelbrechung. Auch an andern Punkten, wie bei Utzmemmingen, Heerhof, machen sich Doppelbrechungserscheinungen geltend, die aber nur auf Spannungen im Glase infolge raschen Erstarrens zurückzuführen sind.

Wieder andere Glaspartien zeigen eine radiale Anordnung von feinsten Fasern, die sich zu Sphärolithen vereinigen, welche dicht gedrängt sind, und sich gegenseitig in ihrer Ausbildung gehemmt haben. Sie zeigen bei gekreuzten Nikols deutliche Interferenzkreuze. Merkwürdig ist, daß sie außer ihrem radialfaserigen Aufbau noch konzentrische Ringe oftmals drei aufweisen und zwar so, daß die Fasern des inneren Rings positiven, die des mittleren negativen und die des äußeren wieder positiven optischen Charakter besitzen. Auch einzeln im Glase treten diese wohlausgebildeten Sphärolithe auf; zuweilen bildet deren Kern eine Anhäufung schwarzer opaker Körnchen, die wohl als Kristallisationszentrum gedient haben. Lose Sphärolithen dieser Art treten auch zu komplexen Aggregaten zusammen.

Als Anfänge einer ausgeprägten Kristallbildung im Magma sind individualisierte Mikrolithen anzusehen, die sich fast überall mehr oder weniger häufig vorfinden. An der Ringlesmühle treten sie vorwiegend in den dunklen basischen Schlieren auf; sie sind farblos, langgestreckt, zeigen kleine Auslöschungsschiefen und graublaue Interferenzfarben. Da, wo die basischen Schlieren sich gerne um die Fremdeinschlüsse anlegen und diese fressen, scheiden sich hauptsächlich die Mikrolithen dieser Art aus. Bei Hohlheim finden wir diese Ausscheidungen; zwar sind manche Bomben vollkommen glasig erstarrt, ohne irgendwelche Ausscheidungen und ohne eine andere als Fluidalstruktur aufzuweisen, während wieder andere eine graue bis braune Grundmasse zeigen, die anscheinend ziemlich basisch und zugleich vollkommen entglast ist durch zahlreiche farblose Mikrolithen der geschilderten Art. Sie liegen regellos durcheinander, besitzen dieselben optischen Eigenschaften wie bei der Ringlesmühle, lassen aber zugleich an den größeren leistenförmigen Individuen

häufig Zwillingsbildung erkennen. Man wird nicht fehlgehen, diese Ausscheidungen für Feldspat anzusehen. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei Ammerbach. Das ganze Gestein ist vollständig entglast durch farblose Mikrolithen von demselben Habitus wie bei den oben beschriebenen Punkten, ebenfalls mit Zwillingsbildung. Sie besitzen auch hier die Form schmaler Leistchen und sind häufig in radialen Büscheln angeordnet. Es ist demnach kein Zweifel, daß hier die gleiche oder ganz ähnliche Gesteinsmasse vorliegt wie bei Hohlheim, mit denselben Entglasungsprodukten, nur daß der äußere Habitus beider Gesteine etwas verschieden ist.

Außer den beschriebenen Entglasungsprodukten finden sich auch dunkle gebogene Trichiten, einzeln oder in Bündeln zusammen. Sie kommen hauptsächlich in den dunklen basischen Schlieren vor, so bei Hohlheim; gewisse Schlieren in den Heerhofer Fladen sind ganz entglast davon. Ähnlich ist es bei Polzingen; doch sind dort die Trichiten meist zersetzt und in rotes $Fe_2O_3$ übergegangen.

Andere der glasigen Massen sind durch ganz besonders eigentümliche Gebilde entglast, die bei schwacher Vergrößerung den Dünnschliff getrübt erscheinen lassen, und erst bei starker Vergrößerung erkennt man, daß diese Trübung hervorgerufen wird durch zahllose farblose, gekrümmte Mikrolithen. Sie sind teilweise sehr lang und nur schwach gebogen, meistens aber stark gekrümmt und machen den Eindruck von dicht sich drängenden, stark geringelten Würmern. Manche besitzen noch kleine seitliche Anhänge. Ihre schönste Ausbildung haben sie in den hellbraunen Schlieren von der Ringlesmühle; außerdem sind sie überall verbreitet in den Fladen vom Heerhof, und von Utzmemmingen. Sie bilden eine der merkwürdigsten Entglasungserscheinungen, die meines Wissens bisher weder aus sauren noch aus basischen Gesteinsgläsern bekannt geworden sind. Möglicherweise hängen diese eigenartigen Gebilde zusammen mit der besonderen Entstehung der Gesteine dieses vulkanischen Zuges. Mein Freund, H. Schwarz, der sich mit den kristallinen Einschlüssen in den Tuffen der Uracher Gegend beschäftigt, hat unlängst überraschenderweise ganz identische Gebilde in umgeschmolzenen sauren Massen der fremden Einschlüsse im Basalt der Alb gefunden.

Als weitere Ausscheidungen aus dem Magma sind winzige Erzpartikelchen zu beobachten, die teils unregelmäßig zerstreut, teils in runden Anhäufungen in der glasigen Grundmasse liegen. Man

hat es wohl mit staubartig feinem Magneteisen zu tun. Bei Ammerbach werden sie größer und man kann deutliche Oktaederform nachweisen, die kleine Magnetitkristalle darstellen. Häufig sind sie jedoch zersetzt und nehmen die rote Farbe des daraus hervorgegangenen Eisenoxydhydroxyd an.

### 3. Die fremden Einschlüsse der Bomben und Tuffe und deren Veränderungen.

Diese sind in den verschiedensten Dimensionen sowohl in den Bomben vorhanden, wie lose in den Tuffen eingestreut. Untersuchen wir zunächst die Vorkommen erster Art, und zwar die in Form einzelner Mineralfragmente auftretenden. Unter diesen herrschen entschieden Quarz und Feldspat vor, worauf auch schon hingewiesen war.

Der Quarz ist teils in scharfkantigen Splittern vorhanden, teils in gerundeten Körnern, sofern Kanten und Ecken abgeschmolzen wurden. Hat die Einwirkung des Magmas länger stattgefunden, so zeigen sich die Quarze von zahlreichen, unregelmäßigen Rissen und Sprüngen durchzogen, wobei früher vorhandene Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse verschwinden. In die Risse dringt Schmelzmasse ein, erweitert jene und beginnt zugleich von innen die Korrosion. Die Resorption wird dadurch beschleunigt, daß basische Magmaschlieren sich um die Quarze herumlegen, die einen so sauren Einsprengling sehr rasch angreifen. Viele der Quarzkörner stellen kein einheitliches Individuum dar, sondern sind aus zwei oder mehreren zusammengesetzt, die nach einer zackigen Linie verwachsen sind, und deuten damit ihren Ursprung aus Granit und Gneis an. Dazu fehlt häufig noch eine undulöse Auslöschung nicht, wie diese bekanntlich in diesen Gesteinen weit verbreitet ist.

Mit manchen der Einschlußquarze verbindet sich folgende eigenartige Erscheinung. Die Quarzkörner haben ihre optische einheitliche Beschaffenheit verloren, sie sind umgebildet in ein Aggregat kleiner Schüppchen, ohne vorher eine An- oder Umschmelzung erfahren zu haben.

Es scheint, daß eine Umwandlung in Tridymit stattgefunden hat, die als eine Umlagerung der Quarzmoleküle in noch festem, höchstens plastischem Zustand anzusehen wäre.

Endlich kommt auch Quarz wahrscheinlich in amorphem Zustande vor, d. h. völlig verglast. Man sieht nämlich in manchen Bomben, z. B. an der Ringlesmühle, farblose Körner, die ich für gewesene Quarzeinschlüsse halte, vollkommen isotrop, ohne Spaltrisse,

infolge der Bewegung im Magma aber lang ausgezogen, und allmählich mit diesem sich mischend; ein Zeichen, daß hier ein wirkliches und vollständiges Schmelzen stattgefunden hat. Bekanntermaßen ist es in der Technik gelungen, den Quarz zu schmelzen und in diesem Zustande zu formen. So stellt die Firma Heräus in Hanau gegenwärtig bei 1500° geschmolzen Gefäße aus Quarzglas dar. Und eine solche Temperatur mag auch bei den Vorgängen im Ries geherrscht haben, um die Umschmelzungserscheinungen an den Quarzen hervorzubringen, wobei allerdings noch die besonderen Druckverhältnisse in Betracht zu ziehen wären, von denen wir gar nichts wissen.

Beim Feldspat treten entsprechende Erscheinungen auf wie beim Quarz. Die Kristallfragmente sind dem unfrischen Erhaltungszustande der alten durchbrochenen Granite und Gneise entsprechend meist getrübt und haben vielfach ihre scharfen Konturen durch Korrosion eingebüßt, besonders wenn sie von basischen Schlieren umgeben sind. Das Magma dringt in die Spaltrisse ein, erweitert sie und beginnt auch von innen die Anschmelzung. Häufig sieht man fingerartige Einbuchtungen von Glas im Feldspat (s. Taf. I Fig. 3 u. 5). Oft führen tiefe Kanäle von Magma in das Innere des Kristalls; wird ein solcher im Schliff quer durchschnitten, so bekommt man den Eindruck, als habe man einen Einschluß von Glas mitten im Feldspat. Das Gesteinsglas wird in der Nähe der Einschlüsse durch Aufnahme von Feldspatsubstanz stark doppelbrechend; es scheiden sich winzige Fäserchen und Schüppchen aus, farblos mit graublauen Interferenzfarben, die als Neubildungen von Feldspat anzusehen sind.

Als ein stärkerer Grad der Veränderung muß es bezeichnet werden, wenn die Feldspäte ihre Trübung verlieren, sich wieder aufhellen und schließlich isotrop werden. Auf diese merkwürdige physikalische Erscheinung wird später noch eingegangen werden (S. 24). Es ist auffallend, daß gerade die großen Feldspatindividuen diese Umwandlung erfahren haben, während kleine Splitter oft noch doppelbrechend sind; man sollte doch gerade das Gegenteil erwarten. Es mag vielleicht der Umstand entscheidend sein, daß das Magma verschieden lange Zeit auf die Fragmente eingewirkt hat, so daß ein Teil schon in der Tiefe, ein Teil erst kurz vor der Eruption in das Magma gelangt ist. Vielleicht hängt es auch von einem gewissen lokalen höheren oder niederen Wassergehalt des Glases ab, daß die Einschlüsse schwächer oder stärker verändert werden. Manche Feldspäte sind, ähnlich wie Quarz, in ein Aggregat feiner Fäserchen übergegangen. Ob diese Neubildungsprodukte von geschmolzen ge-

wesenen Feldspäten herrühren, oder Umwandlungen von noch fester Feldspatsubstanz sind, wage ich nicht zu entscheiden.

Biotit und Hornblende wurden als Einschlüsse in den glasigen Bomben nie angetroffen. Da sie leichter schmelzbar sind als Quarz und Feldspäte, darf das nicht auffallen. Sie bieten sich eben nur in völlig umgeschmolzenem Zustande dar und sind deshalb in der Regel nicht mehr nachzuweisen. Wie schon oben angedeutet, sind manche basische Schlieren in den glasigen Projektilen darauf zurückzuführen, daß hier eine Einschmelzung von Biotit und Hornblende stattgefunden hat.

Apatit ist in einzelnen längeren oder kürzeren Prismen vorhanden. Die größeren sind hier und da gebogen durch Strömung im Magma, jedenfalls durch kleine Verschiebungen an den einzelnen Spalt- bezw. Bruchflächen. Sonst wurden keinerlei Veränderungen an ihm bemerkt; er hat auch seine gewöhnliche Doppelbrechung beibehalten. Sein Ursprung ist wohl aus den kristallinen Gesteinen abzuleiten, da manche sehr reichliche Mengen von Apatit führen.

Zirkon ist in einzelnen kleinen Kristallen nachgewiesen als kurzes Prisma mit zahlreichen Pyramiden. Ob er von eingeschmolzenen kristallinen Gesteinen herrührt, oder ob er sich aus dem Magma ausgeschieden hat, mag unentschieden bleiben; doch wird auch hier wahrscheinlich sein, daß er von den kristallinen Gesteinen abstammt.

Wie eingangs bemerkt wurde, liegen auch im Tuff selbst Bruchstücke kristalliner Gesteine, vornehmlich Granite und Gneise verschiedener Art, daneben auch Hornblendegesteine. Eine nähere Beschreibung und Klassifikation dieser geht jedoch über den Rahmen unserer Aufgabe hinaus und bleibt weiteren Studien vorbehalten; sie interessieren uns zunächst nur so weit, als sie durch die Hitze der vulkanischen Tätigkeit umgeändert worden sind. Sie liegen im Tuff eingebettet von Kopfgröße bis herunter zu den mikroskopisch kleinen Fragmenten ihrer einzelnen Bestandteile.

Ein fast unveränderter Einschluß im Tuff von Zipplingen besteht aus Granat in erbsengroßen Körnern, Sillimanit in langen Nadeln zu Büscheln vereinigt und Biotit, der in einer grünlichen, pinitähnlichen Masse liegt, die sich überall, auch zwischen die Granatkörner, einzwängt. Alle Bestandteile zeigen den gewöhnlichen Habitus, nur der Biotit scheint ein wenig verändert.

Am Goldberg finden sich Gesteine, bestehend aus braungrüner Hornblende und Feldspat, vorwiegend Orthoklas, mit deutlicher Parallelstruktur. Die Hornblende scheint wenig verändert;

sie besitzt starken Pleochroismus und hohe Doppelbrechung mit kleiner Auslöschungsschiefe. Der Feldspat ist im allgemeinen ziemlich klar, doch zeigt er vielfach schmutzige Flecken. Die Doppelbrechung ist sehr schwach und an manchen Stellen verschwindet sie ganz, d. h. diese Partien verhalten sich isotrop. Ausserdem ist die Auslöschung vielfach keine einheitliche mehr, sondern verläuft strahlig.

Ein Einschluß im Tuff von Utzmemmingen von etwa Faustgröße zeigt einen gefritteten Augengneis, der äußerlich ohne weiteres als solcher zu erkennen ist. Im Dünnschliff sieht der Biotit teilweise noch kaum verändert aus; er besitzt seinen charakteristischen starken Pleochroismus und enthält zahlreiche Einschlüsse von Apatit und Zirkon. Vorwiegend ist er jedoch ganz dunkel gefärbt, wobei er fast undurchsichtig wird dadurch, daß sich mit beginnender Umschmelzung opake Körnchen von Magnetit ausscheiden. Bei noch stärkerer Veränderung geht er randlich in ein braunes Glas über.

Der Feldspat ist meist getrübt; doch als solcher leicht zu erkennen. Die Spaltrisse sind noch erhalten, und in diese dringt der geschmolzene Biotit ein und erweitert sie. Dadurch wird der Feldspat angegriffen; die basische geschmolzene Biotitmasse nimmt Feldspatsubstanz auf, wird dadurch heller gefärbt und zeigt Doppelbrechung. Gleichzeitig macht sich die eigentümliche Erscheinung bemerkbar, daß manche Teile des Feldspats ihre charakteristische Trübung mehr und mehr verlieren, also ganz wasserklar werden, mit der Aufhellung eine durchgreifende optische Veränderung erfahren und sich nunmehr vollkommen isotrop erweisen. Das Merkwürdige dabei ist, daß in diesen isotrop gewordenen Feldspäten die charakteristischen Kohäsionsverhältnisse nach wie vor in dem Vorhandensein der vollkommenen Spaltrisse noch in die Erscheinung treten. Daneben liegen Feldspäte mit gleich vollkommenen Spaltrissen, die noch doppelbrechend sind.

Der Quarz tritt sehr zurück; es scheinen keine Veränderungen an ihm vorgegangen zu sein; doch macht er den Eindruck, als ob seine Doppelbrechung auch eine geringere geworden sei.

Apatit und Zirkon sind nicht selten und scheinen unverändert.

Bei Schmähingen wurde ein Einschluß gefunden, der äußerlich eine gewisse Ähnlichkeit mit feinkörnigen Amphibolgneisen zeigt. Auf dem Querbruch ist deutliche Parallelstruktur entwickelt, mit einem eigentümlich glasigen Schimmer, wie ihn manche der

stark eingeschmolzenen Fragmente zeigen. Das Gestein besteht wesentlich aus Diallag, brauner Hornblende und einem farblosen, isotropen Mineral, welches anscheinend die Stelle von Feldspat, vielleicht auch die des Quarzes einnimmt (s. Taf. 1 Fig. 6). Die Hornblende scheint unverändert. Der Diallag ist nahezu farblos, zeigt hohe Licht- und Doppelbrechung und die charakteristischen Spaltrisse. Manche Kristalle sind jedoch getrübt, nur noch durchscheinend, wobei die Doppelbrechung verloren geht. Das farblose, isotrope Mineral hat scharfe Umrisse, in seinen parallelen, geradlinigen Spaltrissen Kohäsionserscheinungen, derentwegen man diesen Anteil des Gesteins trotz seines isotropen Verhaltens nicht ohne weiteres für Glasfluß erklären kann. Er enthält zahlreiche Einschlüsse von Apatit, der in langen Nadeln auftritt und an seiner hohen Lichtbrechung und niedrigen Doppelbrechung leicht zu erkennen ist.

Ein anderer dioritähnlicher Einschluß aus dem Tuff der Ringlesmühle zeigt folgende Verhältnisse: Er besteht aus einem dunkelgrünen Mineral und einem farblosen. Beide sind vollständig isotrop. Zwischen ihnen zwängt sich ein gelblichgrünes Glas mit deutlicher Doppelbrechung hindurch, das entstanden ist durch Schmelzen des grünen Minerals an seinen Rändern, unter Ausscheidung von Magnetit. In der Mitte ist das Mineral dunkelgrün. Über seine Natur kann nicht viel behauptet werden. Dem äußeren Habitus nach möchte man es für Hornblende halten; allein es fehlt jeglicher Pleochroismus, jegliche Doppelbrechung, sowie die für Hornblende charakteristischen Spaltrisse. Während die Ränder tatsächlich geschmolzen und in flüssigen Zustand übergeführt worden sind, ist der dunkelgrüne Kern wohl nur plastisch geworden, wobei aber doch die Spaltrisse sich verwischten.

Anders ist es bei dem farblosen Mineral; hier sind deutlich zahlreiche, zum Teil nach zwei Richtungen parallel verlaufende Spaltrisse zu sehen, die Ränder sind nicht angeschmolzen, sondern bilden scharfkantige Konturen.

In beiden Bestandteilen des kristallinen Einschlusses sind zahlreiche Apatitnadeln eingeschlossen, die keinerlei Veränderungen aufweisen, also ihr bezeichnendes optisches Verhalten mit bezug auf Licht und Doppelbrechung bewahrt haben.

Im Tuff von Zipplingen wurde ein graues, poröses Gestein gefunden mit Parallelstruktur. U. d. M. erkennt man zunächst eine schwach gelb gefärbte, glasige, isotrope Grundmasse. Das Magma

scheint in das Gestein eingedrungen zu sein. In dieser Grundmasse liegen porphyrisch:

1. Biotit. Er bildet keine größeren Kristalle mehr, sondern ist zerteilt in kleine Fragmente, selten noch unverändert, meist undurchsichtig geworden, ohne Pleochroismus und teilweise zu einem gelbbraunen Glase geschmolzen unter Ausscheidung von Magnetit.

2. Ein farbloses, isotropes Mineral mit zahlreichen teils parallelen, teils unregelmäßig verlaufenden Spaltrissen. In diese ist Schmelzmasse eingedrungen, die das Mineral angegriffen hat, wobei sie selbst doppelbrechend wurde. Die Konturen dieses farblosen Minerals sind zuweilen noch scharfkantig, meist jedoch gerundet (s. Taf. I Fig. 5).

3. Granat. Er kommt in rundlichen Körnern vor, die jedoch in viele kleine Bruchstücke zerteilt sind, zwischen denen sich die glasige Grundmasse hindurchzieht. Der Granat ist von vielen Rissen durchzogen mit starkem Relief; die Farbe ist etwas schmutzig rosa. Im allgemeinen sind an ihm keine Anschmelzungserscheinungen zu beobachten; doch scheint auch er etwas angegriffen zu sein, da das Glas an seiner Umrandung einen schmalen, doppelbrechenden Saum zeigt.

Für die eben beschriebenen und zahlreiche andere ähnliche Gesteinseinschlüsse ist das Auftreten eines farblosen, isotropen Minerals charakteristisch; ebenso auffallend ist aber das Fehlen von Quarz und Feldspat, trotzdem der äußere Habitus der Gesteine mit aller Sicherheit darauf hinweist, daß hier mehr oder weniger veränderte feldspat- und zum Teil auch quarzführende Gesteine aus der Familie der Granite und Gneise vorliegen. Es liegt darum der Schluß nahe, in der isotropen Substanz mit ihren charakteristischen, zahlreichen geradlinig verlaufenden Spaltrissen eigenartig veränderten Feldspat zu vermuten. Schon v. Gümbel[1] hat diese Erscheinung beobachtet und bereits darauf hingewiesen, „daß der feldspatige Bestandteil, ohne sonst weiter erkennbare Veränderung durch ein wasserhelles isotropes Mineral ersetzt werde, welches offenbar durch gewisse Einflüsse aus dem Plagioklas hervorgegangen ist".

Da wegen der Isotropie die optische Untersuchung nicht zum Ziele führt, so war zu versuchen, ob durch chemische Untersuchung die fragliche Zugehörigkeit zu erweisen war. v. Gümbel[2] führt drei Analysen dieses Minerals an, aus einem Diorit isoliert, von Schwager

[1] v. Gümbel, Geogn. Beschreibung des Königreichs Bayern. Bd. 4 S. 204.
[2] v. Gümbel, ebenda. S. 204.

ausgeführt, wonach folgende chemische Zusammensetzung festgestellt wurde:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ . . . . | 54,62 | 52,64 | 50,38 |
| $Al_2O_3$ . . . | 30,11 | 30,03 | 29,92 |
| $Fe_2O_3$ . . . | 0,21 | 0,18 | 0,17 |
| $CaO$ . . . . | 8,57 | 9,38 | 10,10 |
| $MgO$ . . . . | — | 0,09 | — |
| $K_2O$ . . . . | 1,25 | 1,37 | 1,48 |
| $Na_2O$ . . . | 3,67 | 3,82 | 4,92 |
| $H_2O$ . . . . | 1,39 | 2,89 | 3,23 |
| | 99,82 | 100,40 | 100,20 |

Hieraus ergibt sich in der Tat, daß das Mineral die Zusammensetzung hat wie der Plagioklas in Amphiboliten oder Dioriten. Wie v. Gümbel sich den Ersatz der Feldspatsubstanz durch ein isotropes Mineral denkt, läßt sich aus seiner kurzen Bemerkung nicht ersehen. Die von uns gemachten Beobachtungen lassen darüber aber nicht den geringsten Zweifel aufkommen. Die Überführung des anisotropen trüben Feldspates mit seinen charakteristischen Spaltrissen in die wasserklare Substanz, in der sich diese Spaltrisse noch erhalten haben, aber der optische anisotrope Charakter verloren ging, ist eine Hitzeeinwirkung, das ergibt sich aus den geschilderten Verbandverhältnissen klar und unzweideutig. Diese Erscheinung gewinnt dadurch ihre große Bedeutung, daß sie in den Rieseinschlüssen außerordentlich weit verbreitet ist. Wir haben schon oben darauf hinzuweisen Gelegenheit genommen, daß sich eine derartige isotrope molekulare Umformung ohne eigentliche Umschmelzung beinahe auf alle Gemengteile der fremden Einschlüsse im Ries erstreckt, nicht bloß auf die hier analysierten Plagioklase, sondern hauptsächlich auch auf Orthoklase und Quarze, wie sie den wesentlichen Bestandteil der eingeschlossenen Granite ausmachen; denn gerade in granit- und gneisartigen Gesteinen treten die geschilderten Erscheinungen am häufigsten auf.

Für die isotrope Umlagerung der Feldspatsubstanz erscheint es uns charakteristisch, daß ihr das Verschwinden der trüben Beschaffenheit der Feldspäte, also eine namhafte Aufhellung vorangeht, ohne daß der charakteristische Verlauf und die Beschaffenheit der geradlinigen Spaltrisse irgendwie beeinflußt würde. Eine wirkliche Umschmelzung kann also nicht stattgefunden haben, höchstens kann man eine zäh plastische Erweichung annehmen, welche die Spaltrisse unberührt ließ.

Wie schon bemerkt unterliegt auch die Quarzsubstanz einer

ähnlichen isotropen Umlagerung; das ist an quarzführenden fremden Einschlüssen stellenweise mit befriedigender Sicherheit festzustellen, zumal wenn sich eigenartige Begrenzung der Quarze, charakteristische Rissigkeit und andere Merkmale des allgemeinen Habitus erhalten zeigen. Nur sind die Zonen von Flüssigkeitseinschlüssen und Gaseinschlüssen verschwunden und an ihre Stelle entsprechend verlaufende Risse getreten.

Selbstverständlich kommen neben den beschriebenen auch völlig verschlackte und verglaste, bereits stark eingeschmolzene Einschlüsse vor, meist blasig aufgetrieben, die nur noch äußerlich eine gewisse Ähnlichkeit mit Graniten oder Gneisen aufweisen. Sie sind weit verbreitet und können fast an allen Punkten unseres Gebietes gefunden werden. Das ganze Gestein ist dann in eine nahezu farblose Glasmasse umgewandelt, in der wohl noch Überreste von Quarz und Feldspat zu sehen sind, aber nicht mehr als einheitliche Körner, sondern jene Formen der Umschmelzung, wie wir sie oben beschrieben haben, die Aggregate feiner Schüppchen und Fasern bilden. Die ersteren haben wir als Tridymit gedeutet, die letzteren sind wohl regeneriertem Feldspat zuzuzählen. Die farblose glasige Grundmasse dieser eingeschmolzenen Fragmente ist häufig durch Feldspatmikrolithen entglast. Auch finden sich darin dunkle basische Schlieren, die von eingeschmolzenem Biotit oder Hornblende herrühren dürften.

#### 4. Chemische Zusammensetzung. Bauschanalysen der glasigen Bomben.

Nachdem wir die Wirkungen, die das Magma auf die fremden Gesteinsmassen ausgeübt hat, die verschiedenen Phasen der Einschmelzung fremden Materials festgestellt, seine Assimilation durch den Schmelzfluß kennen gelernt haben, wissen wir, daß die sich scheinbar äußerlich als gleichartige Masse der Bomben darbietende Gesteinssubstanz der Einheitlichkeit entbehrt, ein mechanisches Gemenge bezw. eine Legierung von zwei heterogenen Bestandmassen darstellt. Wir haben damit den richtigen Gesichtspunkt für die Beurteilung der stofflichen Zusammensetzung dieser Massen gewonnen. v. Gümbel[1] führt 3 Analysen von Bomben an, denen zufolge er sie zu den Liparitgläsern stellt. Die Analysen I und II sind von den glasigen Bomben des Tuffes von Otting bei Monheim, ausgeführt von Schafhäutl. Analyse III von Schmähingen, ausgeführt von Loretz. Danach bestehen die Bomben aus:

[1] v. Gümbel, Geogn. Beschreibung des Königreichs Bayern. Bd. 4 S. 205.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 65,15 | 67,55 | 66,69 |
| $TiO_2$ | — | — | 0,89 |
| $Al_2O_3$ | 10,85 | 15,05 | 15,70 |
| $Fe_2O_3$ + FeO | 5,10 | 4,08 | 5,39 |
| CaO | 2,35 | 1,97 | 3,97 |
| MgO | 7,85 | 0,18 | 1,88 |
| $K_2O$ | 5,25 | 6,70 | 1,13 |
| $Na_2O$ | 1,57 | 2,70 | 4,47 |
| $P_2O_5$ | — | — | — |
| $H_2O$ | 1,95 | 1,30 | 0,45 |
| | 100,07 | 99,53 | 100,57 |

Auffallend sind die großen Schwankungen im MgO-Gehalt; ebenso der relativ hohe $SiO_2$-Gehalt.

Auch vom Verfasser sind verschiedene Analysen ausgeführt worden; doch nie wurde ein $SiO_2$-Gehalt von 67,55 % gefunden. Der höchste zeigte 65,49 % von einem Fladen am Heerhof, der niedrigste 58,50 % von dem Ammerbacher Gestein.

Von einer schwarzgrünen, pechglänzenden Bombe von Zipplingen von etwa Faustgröße, wurde eine Durchschnittsprobe zur Analyse ausgewählt, welche ergab:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 63,84 |
| $TiO_2$ | 0,80 |
| $Al_2O_3$ | 13,51 |
| $Fe_2O_3$ | 0,79 |
| FeO | 3,75 |
| CaO | 4,11 |
| MgO | 2,65 |
| $K_2O$ | 3,55 |
| $Na_2O$ | 5,10 |
| $P_2O_5$ | Spur |
| $H_2O$ Glühverlust | 2,81 |
| | 100,91 |

Die Bombe zeigt im Dünnschliff eine schwachgrünliche bis farblose Glasgrundmasse, in der relativ wenig fremde Einschlüsse sich finden, und nur wenige dunkle Schlieren sind vereinzelt darin zu sehen. Bemerkenswert ist, daß das meiste Eisen in Form von FeO darin enthalten ist, weshalb das Glas auch nahezu farblos erscheint.

An der Ringlesmühle bei Trochtelfingen bilden die Bomben ein violettes Glas, matt, mit vielen Poren. Das Gestein sieht aus wie ein künstliches Glas und hat äußerlich mit der grauviolett ge-

färbten, gefritteten Masse mancher Zinkmuffeln eine gewisse Ähnlichkeit. Eine Durchschnittsprobe einer solchen Bombe ergab:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 64,12 |
| $TiO_2$ | 0,89 |
| $Al_2O_3$ | 14,09 |
| $Fe_2O_3$ | 5,63 |
| $CaO$ | 4,53 |
| $MgO$ | 3,09 |
| $K_2O$ | 1,93 |
| $Na_2O$ | 4,22 |
| $P_2O_5$ | 0,35 |
| $H_2O$ Glühverlust | 1,68 |
| | 100,53 |

Im Dünnschliff erscheint die glasige Grundmasse licht rehbraun mit Schlieren dunkler gefärbten Glases, die besonders die zahlreichen fremden Einschlüsse von Quarz und Feldspat umschliessen. Die helleren Partien sind durch die farblosen, gekrümmten Mikrolithen entglast.

Vom Heerhof wurde ein Fladen mittlerer Größe für die Analyse gewählt von graublauer Farbe, ziemlich porös. U. d. M. erkennt man ebenfalls abwechselnd helle und dunkle Schlieren, die teils durch dunkle Trichiten, teils durch farblose gekrümmte Mikrolithen entglast sind. Fremde Einschlüsse sind sehr zahlreich. Das Ergebnis war:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 65,49 |
| $TiO_2$ | 0,77 |
| $Al_2O_3$ | 12,63 |
| $Fe_2O_3$ | 2,68 |
| $FeO$ | 2,64 |
| $CaO$ | 4,63 |
| $MgO$ | 2,51 |
| $K_2O$ | 3,18 |
| $Na_2O$ | 3,63 |
| $P_2O_5$ | Spur |
| $H_2O$ Glühverlust | 1,31 |
| | 99,47 |

Außer diesen Gesamtanalysen wurde noch eine Anzahl $SiO_2$-Bestimmungen ausgeführt, um den durchschnittlichen Gehalt an $SiO_2$ von verschiedenen Punkten kennen zu lernen. Eine Bombe vom Goldberg, äußerlich mattgrün, im Schliff ein schlieriges Glas von verschiedener Färbung, ergab 64,05 % $SiO_2$; eine schwarzglänzende von Hohlheim, die Ähnlichkeit mit denen von Zipplingen hat, nur daß mehr basische Schlieren vorhanden sind, ergab 62,82 %; eine von Utzmemmingen, sehr kompakt, von graublauer Farbe, im Schliff

licht rehbraun mit farblosen gekrümmten Mikrolithen und sehr vielen Fremdeinschlüssen, hauptsächlich von Quarz, ergab 65,12 %, und endlich eine von Mauren, von kohleartigem Habitus, u. d. M. tiefbraun, also wohl ziemlich basisch, jedoch mit zahlreichen Quarz- und Feldspateinschlüssen, ergab 63,75 % $SiO_2$.

Bei allen diesen Gesteinen wurden die sehr zahlreichen mikroskopisch kleinen Fremdeinschlüsse von Quarz und Feldspat mitanalysiert. Nun wurde auch versucht, diese mit Hilfe von schwerer Flüssigkeit von den rein glasigen Bestandteilen zu trennen, und zu diesem Zweck eine Bombe von Zipplingen gewählt, die eine ziemlich homogene, nahezu farblose, isotrope Grundmasse aufwies mit nicht allzuvielen fremden Einschlüssen, aber nicht seltenen basischen Schlieren. Die gleichmäßig und fein pulverisierte Masse wurde in Thouletsche Lösung vom spez. Gew. 2,52 eingetragen, in der Voraussetzung, daß hierbei der glasige Anteil vorwiegend schwimmen werde. Es zeigte sich jedoch, daß das Glas ziemlich schwer war: denn die ganze Substanz senkte sich zu Boden. Hierauf wurde die Lösung auf 2,54—2,55 eingestellt, wobei eigentlich nur Quarz und Feldspat fallen sollten, doch war reichlich dunkles Glas als spezifisch schwerer Anteil der Glasmasse beigemengt. Nach mehrmaliger Trennung bei dieser Konzentration erwies sich zuletzt das noch schwimmende Glas u. d. M. ziemlich rein und nahezu farblos. Von dieser glasigen Substanz wurde eine $SiO_2$-Bestimmung gemacht, welche 63,35 % $SiO_2$ ergab (gegen 63,84 % der bauschalen Zusammensetzung der nicht getrennten Substanz). Das Ergebnis ist nun insofern überraschend, als der $SiO_2$-Gehalt des nicht getrennten Gemisches, welches außer dem farblosen Glas noch die Quarz- und Feldspatfragmente und einen nicht unerheblichen Anteil von dunklen Schlieren enthält, die mitfielen, nur $^1/_2$ % höher ist. Daraus würde man jedenfalls schließen müssen, daß das braune Glas plus eingeschmolzenem Quarz und Feldspat eine Zusammensetzung liefern, welche annähernd gleich der ist des farblosen Glases.

Ein von den übrigen Vorkommnissen einigermaßen abweichendes Gestein ist das von Ammerbach. Dasselbe wurde bereits von v. Gümbel erwähnt und von v. Knebel[1] neuerlich wieder beschrieben und als Rhyolitlava bezeichnet. Es tritt in ziemlich massigen Blöcken auf und macht den Eindruck, als habe man hier anstehenden Schmelzfluß vor sich, wofür es auch v. Knebel hält. Im Dünnschliff erkennt

[1] v. Knebel, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. Bd. 55 Jahrg. 1903, S. 23—25 und S. 43—44.

man eine glasige Grundmasse, schon ziemlich stark entglast durch Feldspatleistchen, mit zahlreichen kleinen Oktaedern von Magnetit. Im übrigen gleicht das Gestein den übrigen Vorkommnissen, enthält auch zahlreiche kristalline Einschlüsse. v. Knebel teilt auch eine von Schowalter ausgeführte Analyse I des Gesteins mit. Die vom Verfasser von demselben Gestein ausgeführte Analyse II unterscheidet sich wesentlich von jener. Beide ergaben:

| | I. | II. |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 64,47 | 58,31 |
| $TiO_2$ | — | 0,78 |
| $Al_2O_3$ | 20,30 | 15,05 |
| $Fe_2O_3$ | 4,59 | 5,46 |
| $CaO$ | 2,23 | 6,12 |
| $MgO$ | 0,30 | 1,58 |
| $K_2O$ | 4,21 | 4,94 |
| $Na_2O$ | 3,34 | 3,08 |
| $P_2O_5$ | — | 0,50 |
| $CO_2$ | — | 0,80 |
| $H_2O$ | 1,74 | 4,37 |
| | 101,18 | 100,99 |

Überaus auffallend ist die hohe $SiO_2$-Differenz von über 6% in beiden Analysen, noch mehr aber der große $Al_2O_3$-Gehalt von über 20% in Analyse I, der mit der hohen Azidität des Gesteines von 64,47% $SiO_2$ kaum vereinbar ist, ebenso unvereinbar mit der Vorstellung, die v. Knebel kundgibt, daß das Gestein durch Zusammenschmelzung von einer Basaltlava und granitischem Material entstanden sei. Auch ist an der Analyse I auszusetzen, daß, abgesehen von $TiO_2$ und $P_2O_5$, keine $CO_2$ gefunden wurde. Überall in dem Gestein ist nämlich Kalkspat, entweder als Ausfüllung der kleinen Poren oder in Form von Einschlüssen nachzuweisen. Beliebige Stücke des Gesteins entwickeln, in verdünnte HCl gelegt, Kohlensäure.

Nach Abzug der 0,80% $CO_2$ und des daran gebundenen $CaO$ ist das Bild der Analyse II folgendes:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 58,79 |
| $TiO_2$ | 0,78 |
| $Al_2O_3$ | 15,27 |
| $Fe_2O_3$ | 5,50 |
| $CaO$ | 5,13 |
| $MgO$ | 1,58 |
| $K_2O$ | 4,97 |
| $Na_2O$ | 3,10 |
| $P_2O_5$ | 0,50 |
| $H_2O$ | 4,40 |
| | 100,02 |

Um einen besseren Vergleich für die Zusammensetzung der glasigen Bomben zu bekommen, wurde versucht, für die Analysen eine Formel nach der Methode von Osann[1] zu berechnen. Danach gestalten sich die Analysen vom Heerhof, von der Ringlesmühle und von Ammerbach II, indem die Molekularquotienten, auf 100 berechnet, aufgestellt werden, folgendermassen:

| | Heerhof | Ringlesmühle | Ammerbach II |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ / $TiO_2$ . . . | 71,76 | 71,88 | 70,13 |
| $Al_2O_3$ . . . . | 8,07 | 9,20 | 10,54 |
| FeO . . . . | 4,57 | 2,34 | 2,44 |
| CaO . . . . | 5,39 | 5,38 | 6,51 |
| MgO . . . . | 4,18 | 5,15 | 2,83 |
| $K_2O$ . . . . | 2,21 | 1,36 | 3,75 |
| $Na_2O$ . . . . | 3,82 | 4,53 | 3,55 |
| $P_2O_5$ . . . . | — | 0,16 | 0,26 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,01 |

Daraus berechnet sich als Typenformel für:

Heerhof: $s_{72} a_6 c_2 f_{12} n_{6,5}$

Ringlesmühle: $s_{72} a_{6,5} c_{3,5} f_{10} n_{7,5}$

Ammerbach II: $s_{70} a_{7,5} c_{3,5} f_9 n_5$,

wobei $a + c + f = 20$ sein muß.

Hiernach würden sich die glasigen Auswurfsmassen, den aufgestellten Typenformeln zufolge, am besten an die Gruppe der Dacite und Hornblende-Glimmer-Andesite anreihen, unter der Voraussetzung, daß sie eine einheitliche Eruptivmasse darstellen, als was sie bis jetzt angesehen wurden.

Berücksichtigt man nun, daß, wie aus der ausführlichen Schilderung hervorgeht, die untersuchten Gesteine reichliche Mengen von granitischen und gneisigen Bestandteilen, teils in Form von fremden Einsprenglingen, teils in bereits völlig eingeschmolzenem Zustande beigemengt enthalten, die das Mengenverhältnis der Bauschanalyse in hohem Grade und in ganz bestimmter Richtung beeinflussen und zwar durch Hinzufügung reichlich saurer fremder Bestandteile, so kann naturgemäß das ursprüngliche Magma nicht einem Dacit oder Hornblende-Glimmer-Andesiten entsprochen haben, sondern muß viel basischer gewesen sein, wie das auch schon aus der Beteiligung dunklen Glases hervorgeht, sofern dieses als primärer Bestandteil mancher Bomben anzusehen ist.

[1] Osann, Tschermak's Petr. Mitteil. Bd. XIX Jahrg. 1900, S. 351—375.

Zu der Analyse I des Gesteins von Ammerbach ist noch zu bemerken, daß v. Knebel ebenfalls versucht hat, nach obiger Methode die Formel aufzustellen, wobei er fand:

$$s_{64,5}\ a_{13,7}\ c_{29,7}\ f_{-23,4}\ n_{5,7}.$$

Die nähere Betrachtung dieser Formel lehrt, daß diese eine Unmöglichkeit darstellt. Es erübrigt, hierauf hingewiesen zu haben.

Wenn wir die chemischen Ergebnisse mit Rücksicht auf die Frage nach der ursprünglichen Zusammensetzung des Magma der Riesgesteine zusammenfassen, so ergibt sich etwa folgendes:

Was den $SiO_2$-Gehalt anbelangt, so nehmen die glasigen Auswurfsmassen eine bestimmte Stellung ein. Sie enthalten 58,3 bis 65,5 % $SiO_2$ (bis 67,5 % nach v. Gümbel). Die eingeschmolzenen Gesteine bestehen vorwiegend aus hellen Graniten und Gneisen, seltener aus Amphibolgesteinen. Die Riesgranite und -Gneise enthalten nach v. Gümbel 70—74 % $SiO_2$ (s. S. 7). Es wäre demnach unmöglich, daß durch reichliche Einschmelzung solcher Massen ein $SiO_2$-Gehalt von 58—65 % erzielt werden könnte, wenn das Magma an sich schon ein stark saures, ein liparitisches, wie man es bisher bezeichnet hat, gewesen wäre. Die Einschmelzung von den angeführten Massen würde nur eine geringe stoffliche Veränderung, aber keine wesentliche Herabminderung des $SiO_2$ hervorgerufen haben.

Das Magma muß demnach wohl basischer gewesen sein. Auffallend ist vor allem der relativ hohe Eisengehalt, den die Bauschanalyse angibt; er verträgt sich ebensowenig mit jener Vorstellung und erklärt sich nicht aus der Addition granitischer Einschlüsse zu einem liparitischen Magma; er wird als primär, als charakteristischer Bestandteil eines basischen Glases anzusehen sein, die eingeschmolzenen Granite und sauren Gneise können dem Magma nicht viel Eisen zugeführt haben. Auch der hohe Gehalt an MgO kann aus denselben Gründen nicht durch Einschmelzen herrühren, sondern ist primär. Granitische und gneisige Massen haben sich dem ursprünglich basischen Magma beigemengt; das jetzige Gestein stellt eine Mischung dieser beiden dar.

Deffner und O. Fraas[1] haben bis zu einem gewissen Grade die Entstehung der vulkanischen Riesgesteine richtig interpretiert, insofern als in manchen der Bomben lediglich umgeschmolzene granitische Gesteinsmasse einen sicherlich vorherrschenden Bestandteil

[1] Deffner und O. Fraas, Geogn. Beschreib. des Bl. Bopfingen der geogn. Spezialk. von Württ. S. 12.

ausmacht. Die Auffassung genannter Autoren, welche „ihre Trachytbomben“ von umgeschmolzenem Granit ableiten, ist aber dahin zu modifizieren, daß die Einschmelzung unter Hinzutreten eines ursprünglichen basischen Magmas erfolgte, das sich anscheinend in äußerst verschiedenen Mengenverhältnissen mit dem durchbrochenen, zerschmetterten kristallinen Gestein mischte. Schon eingangs wurde darauf hingewiesen, daß die von Deffner und Fraas vorgeschlagene Bezeichnung Trachyt unzulässig ist, schon im Lichte der Anschauung dieser Autoren und jetzt auf Grund unserer Untersuchungen.

v. Gümbel nennt die glasigen Auswurfsmassen ihrer chemischen Zusammensetzung nach Liparitgläser. An und für sich ist es schon auffallend, im Ries liparitische Magmen zur Eruption gelangt zu sehen, sie würden damit die einzigen bekannten Vorkommen in Deutschland darstellen. Unsere Untersuchungen haben nun gelehrt, daß aber diese Gesteine eine Ausnahmestellung in dieser Hinsicht gar nicht beanspruchen können, denn es sind tatsächlich keine Liparite, auch das Ries hat, als der bisher für Deutschland einzig bekannte Fundort, keine Liparite produziert. Und doch nehmen die Riesgesteine eine Sonderstellung ein; diese beruht in einer beispiellos innigen Verschmelzung von einem ursprünglich basischen Magma mit den durchbrochenen alten Massen. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, daß das ursprüngliche Riesmagma eine ähnliche Zusammensetzung gehabt hat, wie in dem Basaltgebiet bei Urach und im Hegau. Aber auch abgesehen davon, daß wir in dem Riesgestein ein mechanisches Gemenge zu erkennen haben, bleibt die Bezeichnung Liparit immer unzutreffend, lediglich in Hinblick auf die stoffliche Zusammensetzung der Bauschanalyse, denn ein Gestein mit 58—65 % $SiO_2$, mit 4—6 % $Fe_2O_3$ und 2—3 % MgO (bis 7,85 % nach v. Gümbel) entspricht nicht der Zusammensetzung eines liparitischen Magmas.

## III. Technische Verwendung der Tuffe.

Das Ries ist an guten Bausteinen ziemlich arm. Der Keuper liefert hier kein brauchbares Baumaterial, die Sandsteine werden zu losen Sandschichten. Der weiße Jura ist vielfach vergriest, in sich zertrümmert, also auch meist unbrauchbar. Nur der Tertiärkalk kann verwendet werden; dazu kommen noch die vulkanischen Tuffe, die sehr gesucht sind. Besonders brauchbar sind die mit $CaCO_3$ verfestigten Tuffe. Viele Bauernhäuser im Ries sind aus diesen Tuffen gebaut, besonders im Vorries in der Gegend von Aufhausen und Amerdingen, wo heute noch reger Abbau in den großen

Steinbrüchen getrieben wird. Wie gesagt, zeichnen sich gerade die Tuffe des Vorrieses durch ihre gleichmäßige Zusammensetzung aus, was eben bedingt, daß sie als Bausteine gute Verwendung finden können. Tuffe, die große, blasig aufgetriebene Bomben und Fladen enthalten, sind weniger geeignet, da diese der Verwitterung leicht anheimfallen. Daß sich die Tuffe als Baumaterial wirklich bewähren und nicht nur gelegentlich benutzt werden, das zeigt die Stadtkirche von Nördlingen mit ihrem hohen Turm, zu der der vulkanische Tuff an der Altenbürg ausschließlich das Material lieferte.

Eine weitere Verwendung sollen neuerdings die Tuffe noch finden als Zement. Schon im Anfang des vorigen Jahrhunderts wurde der Tuff von Otting bei Monheim in dieser Beziehung untersucht, wobei nicht ungünsige Resultate erzielt wurden. Doch geriet diese Verwendung in Vergessenheit und erst vor kurzem hat Endriss wieder darauf hingewiesen, die Tuffe des Vorrieses in ähnlicher Weise wie den Traß des Brohltales zu verwenden. Hierauf angestellte Versuche ergaben günstige Resultate; weitere Untersuchungen sind im Gange. Nach einer mündlichen Mitteilung von Prof. A. Sauer beruht wahrscheinlich die hydraulische Wirkung des Traß bei Vermischung mit Kalk darauf, daß sich nur das noch nicht hydratisierte, also ziemlich frische Gesteinsglas mit Kalk energisch chemisch verbindet; deshalb sollten möglichst frische Tuffe dieser Art verwendet werden, was bei weiteren praktischen Versuchen wohl zu beachten wäre. Sind die Tuffe nicht mehr frisch, ist das glasige Material bereits hydratisiert, dann hat das Material seine bindende Eigenschaft verloren. Als der zu diesen Zwecken geeignetste Tuff wäre der von Zipplingen zu empfehlen; doch müßten darüber noch Versuche angestellt werden. Daß auch die Tuffe des Vorrieses sich eignen, ist nicht zu bezweifeln; doch machen sie schon äußerlich nicht den frischen Eindruck wie das Zipplinger Gestein; auch ist ihr glasiger Anteil geringer.

## Spezielle Beschreibung der wichtigsten Punkte.

Da die vulkanischen Tuffe im Ries nach ihrem geologischen Vorkommen und in ihrer Struktur große Verschiedenheiten aufweisen, möge noch eine kurze Beschreibung einer Anzahl durch Aufschlüsse zugänglicher Tuffvorkommnisse folgen.

**Zipplingen.** Im Norden des Rieses, hinter dem Dorfe Zipplingen, befindet sich ein Hügel, die Zipplinger Höhe, welche vulkanischen Ursprungs ist. Sicherlich hat man es hier mit einem selb-

ständigen Ausbruchspunkt zu tun[1]. Am Nordabhang des Hügels ist ein Aufschluß: aber der Tuff ist hier vollständig verwittert. In frischem Zustand, wie er auf der Höhe im Fahrwege heraustritt, ist er sehr glasreich. Die Grundmasse besteht aus kleinen, bouteillegrünen Glaskügelchen, in der größere Bomben eingebettet liegen, von porösem, beinahe bimssteinartigem Habitus. Auch dichtere, schwarze, pechglänzende Bomben sind nicht selten. U. d. M. erkennt man ein schwach gelblichgrün bis nahezu farblos isotropes Glas, mit vielen perlitischen Sprüngen und zahlreichen fremden Einschlüssen von Quarz und Feldspat, doch nicht so häufig wie an anderen Punkten. Flüssigkeitseinschlüsse sind sehr verbreitet und zwar meist in gruppenförmigen Anhäufungen. Entglasungsprodukte sind spärlich; manche Partien sind durch Mikrofelsit, andere durch Sphärolithe entglast; hier und da finden sich auch Feldspatmikrolithen. Über die chemische Zusammensetzung s. S. 26. Unter den kristallinen Einschlüssen sind helle Granite und Gneise hervorzuheben, vielfach stark verändert; unter den letzteren ist hauptsächlich ein Gestein zu erwähnen, bestehend aus zersetztem Biotit, isotrop gewordenem Feldspat und Granat; ferner ein Gestein, bestehend aus Granat, Sillimanit, Biotit, der in einer pinitähnlichen Masse liegt, die sich auch zwischen die Granatkörner einzwängt. Unter den Sedimentgesteinen sind rote Keupertone, Stubensandstein, Braunjura $\alpha$ und $\beta$ häufig, während die höheren Braunjuraschichten und Weißjura fehlen (Branco-Fraas, Das vulkanische Ries, S. 121).

**Kreuthof.** Südlich von Zipplingen, am Kreuthof, setzt vulkanischer Tuff anscheinend im Granit auf. Der Tuff ist sehr feinkörnig; Fladen und größere kristalline Gesteinsbrocken sind sehr selten. Er besteht vorwiegend aus verschieden gefärbten Lapillis, aus Feldspat, hauptsächlich Orthoklas, meist getrübt, aus Quarz in meist eckigen Splittern, aus grüner Hornblende und selten auch Biotit.

**Heerhof.** Nördlich von Trochtelfingen, etwas östlich vom Heerhof, ist auf einer kleinen Anhöhe ein Tuffvorkommnis. Dort finden sich die bekannten schönen Fladen, die aus dem zersetzten Tuff herausgewittert sind. Sie sind teils ziemlich kompakt, teils auch sehr porös mit den bekannten strickartig gedrehten und gewundenen Formen. U. d. M. zeigen sie ein Gesteinsglas, aus hellen und dunklen Schlieren bestehend, teils isotrop, teils auch schwach doppelbrechend. Es ist entweder durch farblose, gekrümmte Mikrolithen oder durch

[1] Vergl. Branco-Fraas S. 121.

dunkle gebogene Trichiten entglast. Quarz- und Feldspateinschlüsse sind zahlreich; dagegen fehlen meist Flüssigkeitseinschlüsse. Die chemische Zusammensetzung s. S. 27. Die größeren kristallinen Gesteinseinschlüsse sind meist verschlackt und nicht sehr häufig; Sedimentgesteine fehlen ganz.

**Goldberg**. Südöstlich davon am Goldbach ist ein großer Steinbruch in vulkanischem Tuff, der in massigen Blöcken gebrochen wird. Die Bomben sind fest in den Tuff eingebacken. Das Magma ist hier häufig in der Weise differenziert, daß sich die dunklen, basischen Partien in kugeligen Gebilden absondern. Der $SiO_2$-Gehalt einer Bombe betrug 64,05 %. Unter den kristallinen Einschlüssen sind parallel struierte Gesteine hervorzuheben, bestehend aus Feldspat, meist Orthoklas mit nur noch ganz schwachen Interferenzfarben, und aus braungrüner Hornblende mit starkem Pleochroismus.

**Ringlesmühle**. An der Straße von Hertsfeldhausen nach Utzmemmingen, im Rohrbachtal, nahe der Ringlesmühle, ist ein weiterer vulkanischer Punkt. Matte violette Bomben sind hier charakteristisch und zeigen u. d. M. abwechselnd dunkle und helle Schlieren, welch letztere durch farblose gekrümmte Mikrolithen, die hier ihre schönste Ausbildung haben, entglast sind; erstere enthalten vielfach Feldspatmikrolithen. Chemische Zusammensetzung s. S. 27. Größere kristalline Gesteinsbrocken sind selten. Sie bestehen wesentlich aus braungrüner Hornblende und isotrop gewordenem Feldspat mit zahlreichen Apatitnadeln und nicht selten auch Titanitkristallen.

**Altenbürg**. Südöstlich davon, an dem Hofe Altenbürg, ist ein großer, jetzt verlassener Steinbruch[1] im vulkanischen Tuff, der das Baumaterial zum Dom von Nördlingen lieferte. Die vulkanischen Bomben sind ganz ähnlich denen der Ringlesmühle. In diesem Tuff liegen zahlreiche vergrieste und graugebrannte Weißjurablöcke. Der Tuff selbst ist verkittet durch Kalkspat, der auch die Hohlräume der glasigen Bomben ausfüllt. Granitische Einschlüsse sind nicht selten, doch meist völlig verschlackt.

**Reitersbuck**. Zwischen Ringlesmühle und Altenbürg ist ein drittes vulkanisches Vorkommnis am Reitersbuck. Auch hier sind die Bomben sowohl in ihrem äußeren Habitus als auch mikroskopisch genau dieselben wie an diesen Punkten; auch die kristallinen Einschlüsse sind dieselben wie an der Ringlesmühle. Das nahe Beisammensein dieser drei Lokalitäten, sowie die Gleichartigkeit der

[1] unlängst wieder aufgetan.

Bomben lassen vielleicht auf einen direkten räumlichen Zusammenhang derselben schließen.

**Trochtelfingen.** Südöstlich von Trochtelfingen findet man auf den Feldern Brocken vulkanischen Tuffes, die ebenfalls dem Tuff der Ringlesmühle gleichen.

**Windhäu.** Noch etwas weiter südlich von der Altenbürg, an der Landstraße Neresheim—Nördlingen, ist ein weiterer Punkt, der aber nicht aufgeschlossen ist. Die umherliegenden Brocken bilden ein ziemlich dunkelbraunes Glas, das durch Feldspatmikrolithen entglast ist. Als kristallinischer Einschluß wurde ein hellrötliches Gestein gefunden, porös, vollständig verschlackt zu einem farblosen, merkwürdigerweise stark sphärolithisch doppelbrechenden Glas.

**Utzmemmingen.** Hinter dem Dorfe, da wo die Straße nach Hohlheim abbiegt, ist ein Bruch in vulkanischem Tuff. Darin stecken viele blaugraue Bomben und Fladen, meist blasig aufgetrieben, doch sind auch sehr kompakte darunter. U. d. M. ist das Glas hellbraun, häufig doppelbrechend, meist durch gekrümmte Mikrolithen entglast: an den Quarz- und Feldspateinschlüssen lassen sich die Korrosionserscheinungen ausgezeichnet studieren. Der $SiO_2$-Gehalt einer Bombe betrug 65,12 %. Kristalline Einschlüsse sind sehr zahlreich, besonders viele helle Granite, feinkörnige Gneise mit ausgeprägter Parallelstruktur, sowie dioritische Gesteine. In einem gefritteten Augengneis waren an den isotrop gewordenen Feldspäten Spaltrisse nach zwei Richtungen noch ausgezeichnet erhalten. Das Bindemittel des Tuffes ist kalkig, durch $Fe_2O_3$ vielfach rotbraun gefärbt.

**Hohlheim.** Nahe am Kirchhof, an der Straße von Hohlheim nach Neresheim, befindet sich ein vulkanischer Schlot, den Koken eingehend beschrieben hat (Studien im fränk. Ries. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XII. 1899, S. 505). Die Bomben sind meist schwarzglänzend, aus abwechselnd hellen und dunklen Schlieren bestehend, fast ohne Entglasungsprodukte. Dann finden sich auch matte Bomben, die aus einem einheitlichen dunklen, graubraunen Glas bestehen, das durch Feldspatleistchen entglast ist. Die Strukturverhältnisse s. S. 9. Unter den kristallinen Einschlüssen sind Granite und Diorite hervorzuheben, die meist verschlackt sind.

**Schmähingen.** Diese Lokalität ist dadurch sehr interessant, daß nach Branco (Das vulkan. Vorries, S. 58) granitische Explosionsprodukte in Verbindung treten mit echten vulkanischen Tuffen. Die meist schwarzen, glänzenden Bomben haben ein ähnliches Aussehen

wie bei Zipplingen und zeigen u. d. M. ein schwach gelblichbraun gefärbtes Glas. Als kristalliner Einschluß ist das schon oben beschriebene (S. 21) Gestein hervorzuheben, bestehend aus Diallag, brauner Hornblende und isotrop gewordenem Feldspat.

**Ammerbach.** Diese Örtlichkeit, nahe dem Dorfe, ist schon von v. Knebel beschrieben worden und nach diesem Autor die einzige, von ihm zuerst nachgewiesene, wo im Ries anstehender Schmelzfluß vorkommen soll. Ich habe gleich anfangs (S. 5) meine Bedenken gegen diese Auffassung gehabt und diese oben kurz angedeutet. Auf einer letztmaligen Exkursion an diesen Punkt ist es mir nun gelungen, am Fuß der kleinen Kuppe, wo das Gestein etwas verwittert ist, die schönsten Fladen und Bomben herauszuholen, und zwar von einer so typischen Form, daß sie den Heerhofer Fladen zum Verwechseln ähnlich sind. Mitten unter diesen Bomben liegen kristalline Einschlüsse und größere Blöcke desselben Materials, wie sie weiter oben anstehen und allerdings bei Überwachsung der Oberfläche den Eindruck hervorrufen können, als bilden sie anstehende Lava. Es ist danach kaum mehr zweifelhaft, daß man auch hier nur Tuff vor sich hat, wie am Heerhof und anderen Lokalitäten. Über mikroskopische Beschaffenheit und chemische Zusammensetzung s. S. 17 und 29. Die kristallinen Einschlüsse scheinen vorwiegend dem Granit anzugehören, aber sie sind meist völlig verglast.

Ein ähnliches Gestein liefert **Polzingen**. An der Landstraße vor dem Dorfe ist ein kleiner Steinbruch im Tuff, von tertiären Sanden umgeben. Der Tuff ist sehr kompakt, massige Blöcke bildend, von eigenartig rosarotem und grünem Aussehen. Das poröse, glasreiche Gestein zeigt u. d. M. eine gelblichbraune Glasbasis mit schwacher Doppelbrechung. In dieser liegen lange, in rotes $Fe_2O_3$ übergegangene Mikrolithen, die die rote Farbe des Gesteins bedingen. Manche Partien sind auch durch Feldspatmikrolithen entglast. Unter den kristallinen Einschlüssen scheinen Hornblendegesteine vorzuherrschen, meist auch verschlackt.

**Hainsfarth.** Am sogen. Schinderhengst bei Hainsfarth ist ebenfalls vulkanischer Tuff aufgeschlossen. Man sieht über dem Tuff „wechselnde Lagen von braunrotem, grünlichem, gelbbraunem und lederbraunem Ton mit teils sandiger, teils kalkiger Beschaffenheit und oft mit aufgewühltem Untergrunde vermengt, welcher nach oben in den in jener Gegend mächtig entwickelten Süßwasserkalk übergeht“ (v. Gümbel, Geogn. Beschreibg. des Königr. Bayern, S. 213). Die Bomben sind schwarzglänzend, ähnlich den Zipplinger, auch in der

mikroskopischen Beschaffenheit. Ein völlig verschlackter Granit, sowie ein Sandstein wurden gefunden, der jedoch keine Veränderung aufwies.

Bei **Öttingen**, nahe der Aumühle, ist ebenfalls vulkanischer Tuff anstehend, von dem aber frisches Material sehr schwer zu bekommen ist. Er hat große Ähnlichkeit mit dem Tuff von Hainsfarth.

Dies sind die wichtigsten Tuffvorkommnisse des eigentlichen Rieses; ehe wir die des sogen. Vorrieses betrachten, ist noch ein Punkt bei **Christgarten**, an der Papiermühle, zu erwähnen. Dort ist ein ansehnlicher Hügel von vulkanischem Material gebildet. Die Bomben bilden ein dunkelbraunes, beinahe undurchsichtiges Glas, das spärliche Feldspatmikrolithen enthält. Das Bindemittel des Tuffes ist kalkig.

Im Vorries, südlich von Christgarten, ist zunächst das ausgedehnte Tuffgebiet von **Aufhausen** zu erwähnen; ein schöner Bruch befindet sich am Kesselbach. Der Tuff ist sehr gleichmäßig; größere Bomben und kristalline Einschlüsse sind selten. Er besteht aus verschieden gefärbten Lapillis von meist gelbem und braunem Glas, meist etwas doppelbrechend, manche durch gekrümmte Mikrolithen entglast, ferner aus Quarz- und Feldspat-, seltener auch Biotit- und Hornblendefragmenten. Das Bindemittel ist teils kalkig, teils zeolithisch. Stücke von Weißjurakalk sind nicht selten.

Noch mehr südlich sind die Tuffgebiete von **Hofen, Eglingen, Osterhofen**, die Endriss näher beschrieben hat (Ber. des oberrh. geol. Ver. 1903, S. 20). Auf dessen Veranlassung sind in den schlecht aufgeschlossenen Gebieten Grabungen und Schürfungen vorgenommen worden, so daß dadurch ziemlich frisches Material gewonnen wurde. Es besteht aus kleinen Lapillis eines hellbraunen Glases, aus unregelmäßig geformten Glasfetzen, aus Quarz und Feldspat, teils frisch, häufig aber isotrop geworden, und seltener Hornblende. Weißjurastückchen sind überall, wenn auch spärlich, zu finden. Die Lapillis sind häufig am Rande getrübt, welche Trübung bei starker Vergrößerung sich in winzige Körnchen auflöst, die nach innen zu allmählich übergehen in farblose gekrümmte Mikrolithen, durch die das Innere der Lapillis meist entglast ist. Bei Osterhofen wurde eine größere graue Bombe gefunden, die ein gelbliches isotropes Glas zeigt, das teils durch zierliche, gebogene Trichiten, teils durch kleine Feldspatmikrolithen entglast ist.

**Amerdingen.** Östlich von den eben genannten Gebieten ist bei Amerdingen vulkanischer Tuff in zwei Brüchen aufgeschlossen;

er gleicht so sehr dem Tuff von Aufhausen, daß eine nähere Beschreibung unnötig erscheint; nur daß vielleicht etwas mehr kalkiges Material sich an der Bildung beteiligt. Hohlräume in Tuffen sind häufig mit zierlichen Kalkspathkrystallen ausgefüllt.

**Mauren**. Eines der größten Tuffgebiete im Ries ist das von Mauren. Nördlich vom Dorf am Waldrand ist ein großer Bruch. Ein zweiter befindet sich weiter östlich davon, doch ist dieser verlassen und daselbst nur noch schlechtes verwittertes Material zu finden. Im ersten Bruch bildet er massige Blöcke; die glasigen Bomben haben ein schwarzes, kohliges Aussehen, sind porös und leicht zerbröckelnd, meist Nußgröße; selten finden sich auch größere langgestreckte. Die Hohlräume sind mit Kalkspat, teils nierenförmig, teils als zierliche Kristalle ausgefüllt. U. d. M. erkennt man in den Bomben ein tiefbraunes, sehr gleichartiges Glas, mit zahlreichen fremden Einschlüssen, an denen man die Einschmelzung mit dem hellen Glassaum schön studieren kann. Die kristallinen Einschlüsse sind sehr zahlreich und teils kopfgroß. Kalkstücke sind sehr häufig und bis 4 cm groß und hochkristallin geworden.

**Bollstadt**. Im Wolfental, in der Nähe von Bollstadt, befindet sich auch ein kleiner vulkanischer Punkt. Auf den Feldern finden sich Bomben, die große Ähnlichkeit mit den schwarzen glänzenden von Schmähingen haben, auch mikroskopisch zeigen sie denselben Habitus. Die Lapillis im Tuff sind häufig dunkler gefärbt, ähnlich wie bei Mauren. Das Bindemittel ist vorwiegend Kalkspat.

## Zusammenfassung.

1. Während der Tertiärzeit haben im Ries vulkanische Ausbrüche stattgefunden. Die vulkanische Tätigkeit hat sich lediglich geäußert in der Bildung von Tuffen, wobei Gase eine große Rolle gespielt haben.

2. Die in Form von Fladen, Bomben, Schlacken und Lapillis ausgeworfenen Gesteine sind relativ sauer, doch können sie weder dem Trachyt, noch dem Liparit, wie das bisher geschehen, zugezählt werden.

3. Nirgends im Ries ist zusammenhängender Schmelzfluß zu finden; auch das Gestein von Ammerbach hat sich als eine Anhäufung von vulkanischen Projektilen und als Tuff erkennen lassen.

4. Das Riesmagma, wie es sich jetzt darbietet, ist nicht das ursprüngliche. Unzählige Fragmente kristalliner Gesteine des Untergrundes sind von dem Magma aufgenommen worden. Diese wurden

## Erklärung der Tafel I.

Fig. 1. Tuff von Zipplingen, bestehend aus winzigen Lapillis eines grünlichen Glases; darunter ist ein größeres mit einem Quarzkern in der Mitte.

„ 2. Glasige Bombe von Hohlheim. Abwechselnd helle und dunkle, d. h. saure und basische Schlieren, mit Resten von Fremdeinschlüssen.

„ 3. Isotrop gewordener Feldspat in einer glasigen Bombe vom Tuff der Ringlesmühle, stark korrodiert, mit noch erhaltenen Spaltrissen; oben fingerartiges Eingreifen von Glasmasse in Feldspat. Außerdem ist Schlierenbildung zu beobachten.

„ 4. Tuff von Mauren; dunkle verwitterte Glasgrundmasse, in der massenhaft fremde Einschlüsse, hauptsächlich Quarz- und Feldspatfragmente, liegen.

„ 5. Isotrop gewordener Feldspat aus einem kristallinen Einschluß des Tuffs von Zipplingen. In die Spaltrisse dringt das Magma ein und resorbiert ihn.

„ 6. Kristalliner Einschluß vom Tuff von Schmähingen, bestehend aus brauner Hornblende, Diallag und isotrop gewordenem Feldspat mit erhaltenen Spaltrissen. Diallag und Hornblende sind infolge der Einwirkung der vulkanischen Hitze getrübt und fast undurchsichtig geworden; daher erscheinen sie im Bild so dunkel und sind nicht voneinander zu unterscheiden.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

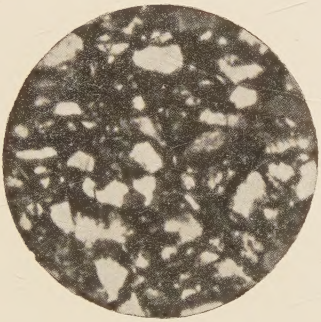


Fig. 4.

Fig. 5.

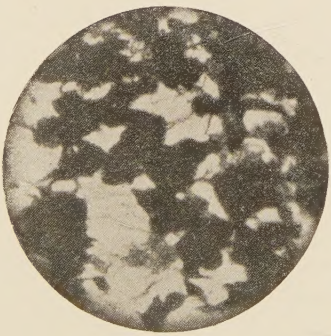


Fig. 6.